COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME DEUX CENT-SEPTIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE **1938**.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1938

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 JUILLET 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret en date du 24 juin 1938 portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Émile-Georges Barrillon** pour occuper dans la Section de Géographie et Navigation la place vacante par le décès de M. *Ch. Lallemand*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Émile-Georges Barrillon** prend place parmi ses Confrères.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Notre Confrère, **Louis de Launay**, qui vient de mourir le 30 juin, était né à Paris le 19 juillet 1860. A sa sortie de l'École Polytechnique en 1881, il entra dans le Corps des Mines. Nommé en 1884 Ingénieur à Moulins, il

se fit remarquer par ses recherches sur la géologie du Plateau Central et à 29 ans, en 1889, il prit possession à l'École des Mines de la Chaire de Géologie appliquée. Pendant 46 ans, sauf pendant la guerre, il a professé dans cette chaire, et c'est son enseignement à l'École des Mines qui fut l'origine de ses travaux les plus importants, ceux qui l'ont fait connaître à l'étranger comme en France.

C'est tout d'abord de géologie régionale et de géologie générale qu'il s'est occupé avec succès. Pendant son séjour à Moulins il a étudié la pétrographie et la géologie des terrains cristallins du Nord du Plateau Central et il a commencé sa longue collaboration à ce *Service de la Carte géologique de la France* qu'il devait plus tard être appelé à diriger. Au cours de ses nombreux voyages, il a de même dressé les cartes géologiques et étudié la structure de diverses contrées : les grandes Iles de la mer Égée, le District minier du Transvaal, la région centrale des Balkans et de la Dobroudja.

Dans ses nombreux mémoires de géologie générale, M. de Launay montrait un goût très vif pour les problèmes généraux qui intéressent toute cette science. Cette disposition d'esprit l'a naturellement conduit à écrire un ouvrage de philosophie scientifique, *la Science géologique*, publié en 1905 et dont un résumé, sous le titre *l'Histoire de la Terre*, a paru en 1907.

Mais la partie essentielle de l'œuvre scientifique de M. de Launay est constituée par ses travaux sur les gîtes minéraux et métallifères et sur les sources thermominérales. Dans ce domaine, comme disait en 1912 Pierre Termier, « M. de Launay est devenu rapidement un Maître.... C'est à lui, plus qu'à tout autre géologue, que la connaissance des gîtes minéraux et métallifères, chaos encore il y a vingt ans, doit de s'être peu à peu transformée en une science ordonnée ».

De Launay a signalé notamment des gîtes métalliques où les minéraux forment des amas tout près des endroits où se sont effectuées les réactions chimiques qui leur ont donné naissance. Dans d'autres types de gîtes métallifères ces minéraux ont été transportés, à de grandes distances parfois, par les eaux thermales souterraines ou bien ont été déposés par des fumerolles volcaniques, formant alors des dépôts dans les cavités ou les fentes des roches traversées qu'ils obstruent peu à peu. Dans les deux cas, l'érosion vient ensuite plus ou moins profondément les mettre à nu et les altérer aussi. Mais les fentes de l'écorce se rattachent elles-mêmes à des venues éruptives plus ou moins lointaines, et les gîtes inclus dans les sédiments sont eux-mêmes dérivés de roches éruptives ou de

roches cristallines. De Launay a appuyé par des arguments solides cette subordination aux roches éruptives de tous les groupes métallifères. Comme la venue des roches éruptives est certainement liée aux mouvements de l'écorce, il explique ainsi qu'il y a des provinces métallogéniques comme il y a des provinces pétrographiques. D'après l'âge d'une chaîne, et la façon dont elle a été rongée par l'érosion, on peut prévoir les types de gisements qu'elle est susceptible de renfermer.

L'activité de M. de Launay ne s'est pas limitée au domaine de la Science pure. Ses recherches sur les gisements miniers ont été le point de départ de ses études sur l'Argent et l'Or dans le monde. Il s'est adressé au grand public et il a publié des œuvres purement littéraires. Il ne m'appartient pas d'en parler, mais parmi ces ouvrages que tout le monde peut lire je veux en citer un que tous les hommes de science doivent lire. Louis de Launay, avec sa culture étendue, sa curiosité de toutes choses, devait être particulièrement séduit par ce génie universel qu'était André-Marie Ampère. L'ouvrage qu'il a intitulé : *Le Grand Ampère, d'après des documents inédits*, d'une lecture si attachante, fait revivre ce grand homme dont l'œuvre immense et l'existence tourmentée ont été si étroitement liées l'une à l'autre. D'autre part M. de Launay a apporté tous ses soins à la publication de la correspondance du grand savant.

Notre Confrère avait été élu dans la section de Minéralogie le 12 février 1912 en remplacement de Michel-Lévy. Il a présidé nos séances en 1931.

Il avait épousé la fille du célèbre physicien Alfred Cornu. Il se plaisait surtout dans sa famille et dans le cercle d'amis qu'il s'était choisis. Il avait eu le grand malheur de perdre pendant la guerre un fils tué à 19 ans, sous-lieutenant observateur d'escadrille. Plus tard ses filles lui donnèrent de nombreux petits-enfants qui ramenèrent la joie à son foyer.

J'exprime à sa veuve et à sa famille les regrets que nous éprouvons devant la perte de ce savant et de ce confrère aimable et souriant dont l'accueil était toujours plein de charme.

Je lève la séance en signe de deuil.

SPECTROSCOPIE. — *Constante universelle des spectres de bandes. Attribution des raies de la bande à d'autres causes que la rotation de la molécule.* Note de M. **Henri Deslandres.**

La Note actuelle prolonge quatre Notes des *Comptes rendus* présentées sous le même titre le 27 décembre 1937, le 11 avril, le 16 mai et le 20 juin 1938.

Dans la dernière Note, j'ai annoncé l'analyse de quatre molécules de complexité croissante, ClNa, ClO^3Na, $Zn(C^2H^5)^2$, $CH^3.HC:CH.CO.N(CH^3)^2$, et j'ai examiné les deux premières. Je présente aujourd'hui l'analyse des deux autres molécules ([1]).

La molécule $Zn(C^2H^5)^2$ a été choisie parce que son atome de zinc a un nombre atomique relativement élevé. J'ai étudié d'abord les molécules formées d'atomes légers plus simples, et j'ai reconnu que chaque fréquence émise ν est en raison inverse du nombre s' d'électrons des anneaux et sous-anneaux activés successivement dans un atome ou radical par l'approche d'un atome ou radical voisin, d'où la formule simple

$$\nu \text{ en cm}^{-1} = q\,d_1/s'\,r'. \qquad (1)$$

d_1 étant la constante universelle 1062,5 cm^{-1}, q et r' étant des nombres entiers. Dans les 15 notes publiées depuis 1931, l'examen a été limité aux molécules des 20 premiers atomes, de H à Ca, dont les anneaux et sous-anneaux d'électrons sont bien déterminés.

Cependant la formule apparaît aussi applicable aux autres molécules, et j'avais pensé d'abord à présenter la molécule $HgSO^4$ dont l'atome Hg a 80 électrons. Mais il est sage d'avancer lentement et j'analyse la molécule plus simple dont l'atome principal Zn a seulement 30 électrons. Le tableau XVI ci-joint donne la liste Act. des nombres d'électrons activables dans les deux molécules, ces nombres étant déduits simplement de la formule chimique du composé (1).

Avec la molécule $Zn(C^2H^5)^2$ divisible en Zn, C^2H^5 et C^2H^5, on peut prévoir les deux arrangements : I. $Zn-(C^2H^5)^2$ et II. $C^2H^5-ZnC^2H^5$, les groupes $(C^2H^5)^2$ et ZnC^2H^5 étant assimilables à un radical. Or on a toujours vérifié que, dans un radical, les électrons sont activés par anneaux et sous-anneaux, ainsi que dans un atome, le $n^{\text{ième}}$ anneau d'un radical étant la somme des $n^{\text{ièmes}}$ anneaux de ses atomes ([2]). C'est avec ces règles simples que la liste Act. du tableau a été déterminée ; or, les nombres s' de la liste se retrouvent dans l'analyse des fréquences de la molécule, analyse qui, en partant des fréquences seules, donne les nombres s', r' et q qui, portés

([1]) Les fréquences sont tirées des Mémoires : $Zn(C^2H^5)^2$ par N. Gapolo, *Proc. Roy. Soc.*, **149**, 1935, p. 29, et $CH^3HC:CH.CO.N.(CH^3)^2$ par Kohlrausch et Pongratz, *Zeits. f. Physik. Chemie*, (B) **27**, 1934, p. 193.

([2]) Dans les Notes de 1934 et 1935, ces nombres Act. étaient appelés Ex.; mais le mot excité étant appliqué déjà à d'autres particularités des atomes, je l'ai remplacé par le mot activé.

dans la formule (1), reproduisent chaque fréquence. Cette relation a une importance évidente.

Le tableau donne l'analyse des 4 fréquences principales de $Zn(C^2H^5)^2$, qui sont les 2 fréquences des radiations les plus intenses, et les 2 fréquences les plus petites. La molécule retient surtout les nombres s' qui sont communs aux atomes et groupes d'atomes qui la composent, le nombre des groupes étant de deux le plus souvent; car alors les fréquences émises par toutes les parties sont exactement les mêmes. D'après la liste Act., cette condition est remplie par le nombre s' égal à 18 dans l'arrangement, et ce nombre 18 est le premier nombre s' de l'analyse avec trois fréquences du tableau ([3]). L'ionisation intérieure apporte une solution meilleure; car elle assure, avec l'égalité des nombres s' dans les deux parties de la molécule, une union plus forte de ces deux parties et donc une résistance plus grande aux chocs que subit la molécule. D'après la liste Act., l'ionisation simple est possible, dans l'arrangement I, entre les s' 20 et 18, 28 et 26, l'ionisation double entre les s' 30 et 34, l'ionisation triple entre les s' 12 et 18, 20 et 26, 28 et 34 et, dans l'arrangement II, l'ionisation simple est possible entre les s' 9 et 11, 13 et 11. Tous les nombres s' qui résultent de ces ionisations se retrouvent dans les fréquences de la molécule. Le plus intéressant de ces nombres est le nombre 19, dû à Zn^+ 2a. et $(C^2H^5)^{2-}$ 1a.', qui est, avec un résidu faible, le nombre s' de 5 fréquences dont 2 ont l'intensité la plus forte; il impose sa fréquence à plusieurs autres combinaisons d'atomes et d'électrons de la molécule. Tous ces détails sont indiqués dans le tableau XVI.

La molécule $CH^3.HC : CH.CO.N(CH^3)^2$, formée d'atomes légers, est complexe par les nombreux groupes distincts d'atomes qu'elle renferme; elle est rattachée à la classe de composés X.CO.Y, X et Y étant des radicaux complexes monovalents. Son spectre Raman a été mesuré avec soin par Kohlrausch et Pongrátz, et le tableau XVI donne l'analyse de la fréquence ayant l'intensité la plus grande et de la fréquence la plus petite.

Il convient d'examiner d'abord sa liste Act. qui offre naturellement la division en trois parties de la formule chimique, et de rechercher les nombres s' qui sont communs aux groupes d'atomes de la molécule. Or CH^3 1a., CH et N2a. ont 7 électrons, O1a. et C2a. 6 électrons, d'où

([3]) La condition est aussi remplie avec le nombre 26 qui se retrouve dans deux fréquences non insérées de la molécule.

les deux multiples $32/7 \times 3$ et $4d/7 \times 3$ des deux fréquences insérées dans le tableau; mais si un électron de O se porte sur C, le nombre s' est égal à 7 avec r' égal à 3, dans les 8 atomes ou groupes d'atomes. Pour aller plus loin, il faut rapprocher les parties X, OC, Y et aussi X + OC, OC + Y, X + Y, et toutes les fréquences, tous les nombres s' attachés à ces fréquences trouvent une explication simple, le plus souvent grâce à l'ionisation intérieure. Le tableau donne sur tous ces points des indications utiles. J'appelle spécialement l'attention sur les nombres s' 48, 24 et 12, 26 et 13, qui ont le résidu le plus faible dans les deux fréquences du tableau, et aussi sur les nombres s' 31, 23 et 15 qui correspondent au cas où la molécule est divisée en deux parties ayant le même nombre d'électrons, et que l'on retrouve dans plusieurs fréquences de la molécule.

Finalement, ces recherches ont révélé une relation simple entre les fréquences de la molécule et les anneaux activés de ses atomes, relation qui s'annonce comme générale. De plus, elles font entrevoir comment des radiations très diverses naissent dans la molécule sous l'influence des chocs multiples et variés qu'elle subit, et qui modifient l'arrangement intérieur, l'ionisation et la distance de ses atomes. Mais ces radiations et ces arrangements peuvent se maintenir pendant un temps notable, seulement lorsque les radiations émises par toutes les parties de la molécule sont les mêmes ou ont des différences très légères, et c'est ainsi qu'une même fréquence peut correspondre à plusieurs arrangements intérieurs différents de la molécule et avoir une intensité plus forte (¹). La molécule choisit la solution simple qui diminue le plus possible le nombre des fréquences dites de vibration.

Les molécules les plus stables sont celles dont les atomes ont des anneaux d'électrons tels que les conditions précédentes sont pleinement réalisées. On peut, en développant ces idées, expliquer simplement de nombreuses particularités des spectres moléculaires, et aussi parfois des molécules elles-mêmes.

(¹) En partant de la formule chimique, de la liste Act. et des arrangements possibles, il semble que l'on puisse calculer les fréquences infrarouges de la molécule, au moins dans les cas simples.

TABLEAU XVI. — *Analyse de fréquences infrarouges de molécules.*

Liste Act. — Nombres s' d'électrons des anneaux (a.) et sous-anneaux (a'.) activables dans les atomes des molécules $Zn(C^2H^5)^2$ et $CH^2.CH : CH.CO.N(CH^3)^2$.

	I.		*II.*			*X.*		*Y.*			
	Zn.	*$(C^2H^5)^2$.*	*C^2H^5.*	*ZnC^2H^5.*		*$CH^3.HC:CH$.*	*O . C*	*$N(CH^3)^2$.*	*X+OC.*	*OC+Y.*	*Y+Y.*
1 a'......	*2*	*18*	*9*	*11*	*1* a'.....	*11*	$_4 6 _2$	*13*	*17*	*19*	*24*
1 a......	*12*	*26*	*13*	*25*	*1* a.....	*17*	$_6 10 _4$	*19*	*27*	*29*	*36*
2 a'......	*18*			*35*	*2* a.....	*23*	$_8 14 _6$	*25*	*37*	*39*	*48*
2 a......	*20*	*34*	*17*	*37*			*31* ¦ *31*				
3 a'......	*26*			*43*							
3 a......	*28*			*45*							
4 a......	*30*			*47*							

Molécule et mode d'excitation.	Fréquence de vibration en cm⁻¹.	Multiple correspondant de $d_1/s'r'$ et résidu.	Nombre s' d'électrons activés dans l'atome ou le radical et nombre de leurs anneaux.
$Zn(C^2H^5)^2$ Raman........	$\nu =$ (5) 476 =	$4d_1/\ 9 \quad +3{,}8$	18 de Zn 2 a'. et $(C^2H^5)^2$ 1 a'.
64 électrons, 13 fréquences		$9d_1/10\times2-2{,}1$	10 de C^2H^{5-} 1 a'. et $(ZnC^2H^5)^+$ 1 a'.
dont 5 harmoniques.		$17d_1/19\times2+0{,}7$	19 de Zn^+ 2 a. et $(C^2H^5)^{2-}$ 1 a'.
		$13d_1/29 \quad -0{,}3$	29 de Zn^+ 4 a. et 35 de $(C^2H^5)^{2-}$ 2 a.
		$19d_1/35 \quad +2{,}2$	id.
	$\nu =$ (5) 1175 =	$10d_1/\ 9 \quad -5{,}6$	18 de Zn 2 a'. et $(C^2H^5)^2$ 1 a'.
		$52d_1/47 \quad -0{,}5$	47 de (ZnC^2H^5) 4 a. et 9 de C^2H^5 1 a'.
		$21d_1/19 \quad +0{,}7$	19 de Zn^+ 2 a. et $(C^2H^5)^{2-}$ 1 a'.
		$53d_1/48 \quad +1{,}7$	12 de C^2H^{5+} 1 a. et $(ZnC^2H^5)^-$ 1 a'.
			16 de C^2H^{5+} 2 a. et 48 de ZnC^2H^{5-} 4 a.
			32 de Zn^{--} 4 a. et $(C^2H^5)^{2++}$ 2 a.
		$31d_1/28 \quad -1{,}3$	28 de Zn^{++} 4 a. et $(C^2H^5)^{2--}$ 1 a.
	$\nu =$ (2) 111 =	$2d_1/19 \quad -0{,}8$	19 de Zn^+ 2 a. et $(C^2H^5)^{2-}$ 1 a'.
		$3d_1/29 \quad +1{,}1$	29 de Zn^+ 4 a. et 19 de $(C^2H^5)^{2-}$ 1 a'.
		$5d_1/48 \quad +0{,}3$	12 de C^2H^{5+} 1 a. et $(ZnC^2H^5)^-$ 1 a'.
	$\nu =$ (2) 176 =	$d_1/\ 6 \quad -1{,}0$	tous les multiples de 6
$CH^3.HC:CH.CO.N(CH^3)^2$			
Raman...............	$\nu =$ (15) 1616 =	$32d_1/\ 7\times3-3{,}0$	7 de CH et N 2 a., de CH^3 1 a. et 6 de O 1 a. et C 2 a.
62 électrons, 24 fréquences		$73d_1/48 \quad +0{,}1$	48 de (X + Y) 2 a., ou 24 de $(X^- + Y^+)$ 1 a'. et 6 de O 1 a. et C 2 a.
dont 6 harmoniques.		$35d_1/23 \quad -0{,}8$	23 de X 2 a. avec Y 2 a. et 6 de O 1 a. et C 2 a.
		$38d_1/25 \quad +1{,}0$	25 de Y 2 a. avec X 2 a. id.
		$67d_1/11\times4-1{,}9$	11 de X 1 a'.
		$76d_1/10\times5+1{,}0$	10 de OC 1 a.
		$79d_1/13\times4+1{,}8$	13 de Y 1 a'. avec X 1 a' et OC 1 a.
			ou 26 de $(X + OC)^+$ 1 a. et Y^- 2 a.
			ou 26 de $(OC + Y)^{+++}$ 1 a. et X^{---} 2 a.
		$41d_1/27 \quad +2{,}6$	27 de (X + OC) 1 a. et 25 de Y 2 a.
		$44d_1/29 \quad +3{,}9$	29 de (OC + Y) 1 a. et 23 de X 2 a.
	$\nu =$ (1) 204 =	$4d_1/\ 7\times3+1{,}6$	7 de CH et N 2 a., de CH^3 1 a. et 6 de O 1 a. et C 2 a.
		$7d_1/36 \quad -2{,}6$	6 de OC 1 a. et 2 a. et 36 de (X + Y) 1 a.
		$6d_1/31 \quad -1{,}6$	31 de (X + O) 2 a. et de (C + Y) 2 a.
		$5d_1/13\times2-0{,}3$	13 et 26 comme ci-dessus.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de la cyanamide par l'action de l'oxyde d'argent sur le formol et l'ammoniaque.* Note de MM. **Richard Fosse, Roger de Larambergue** et **Jacques Gaiddon.**

La transformation du glucose et de l'ammoniaque en cyanamide, par l'action du permanganate de potassium, puis de l'oxyde d'argent ([1]), résulte de plusieurs réactions successives, au nombre desquelles nous avons caractérisé les suivantes, correspondant à la production :

1° de *formol*, par l'action du permanganate de potassium sur le glucose; 2° d'un *précipité*, contenant du *formol*, de l'*ammoniaque* et de l'*argent*, combinés, sans doute, sous la forme d'un terme intermédiaire générateur de cyanamide, à côté d'argent métallique, d'oxyde d'argent et de très peu de cyanamide argentique; 3° de *cyanamide*.

Les questions suivantes viennent ainsi naturellement se poser :

La synthèse de la cyanamide, par oxydation permanganico-argentique du glucose et de l'ammoniaque, ne se ramène-t-elle pas, en réalité, à une synthèse, beaucoup plus simple et jusqu'ici inconnue, de la cyanamide par l'action de l'oxyde d'argent sur le formol et l'ammoniaque ?

La synthèse de la cyanamide dans ces conditions est-elle réalisable ?

Nos expériences, qui donnent une réponse affirmative à cette dernière question, ne permettent pas encore de savoir, dans leur état actuel, si le mécanisme de la première synthèse se ramène à celui de la deuxième.

Synthèse de la cyanamide par l'action de l'oxyde d'argent sur le formol et l'ammoniaque. — Dans un vase de verre mince, refroidi par de la glace, muni d'un thermomètre, introduire

Aldéhyde formique à M/10 .... 20^{cm^3}

puis, en évitant que la température s'élève au delà de $+5°$, les solutions suivantes, préalablement refroidies,

	cm^3
Ammoniaque N	20
Nitrate d'argent 2N	20

Dans le mélange trouble, blanc gris, verser en agitant :

Potasse 2N .... 20^{cm^3}

([1]) Richard Fosse et Roger de Larambergue, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1285; *Ibid.*, **205**, 1937, p. 188; Roger de Larambergue, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1431.

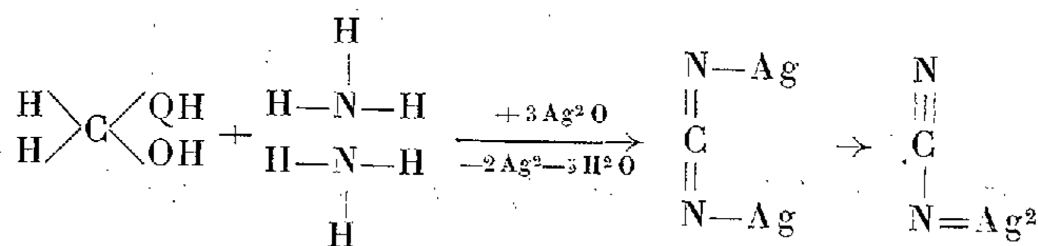
Réunir par centrifugation le précipité sombre dans un tube en verre Pyrex; le laver à l'eau; le plonger dans la glace et le triturer avec $NO^3H\,2n$, glacé jusqu'à réaction acide persistante, en évitant toute élévation de température au-dessus de $+5°$; centrifuger le mélange pourvu d'un peu de glace; épuiser encore plusieurs fois le dépôt d'argent à l'aide de 1^{cm^3} du même acide. L'alcalinisation de la liqueur par de l'ammoniaque concentrée, à froid, donne un dépôt jaunâtre, qu'on peut transformer en CN^2Ag^2 pure en suivant la technique déjà publiée (²).

Dosage de la cyanamide ainsi formée. — Laver à l'eau par centrifugation la cyanamide argentique brute; la traiter 30 minutes à 60°, par 5^{cm^3} de $NO^3H\,2n$; refroidir la liqueur louche et l'alcaliniser par $KOH\,10\,n$; lui ajouter de l'acide acétique cristallisable (11^{cm^3}); centrifuger et filtrer la liqueur dans une éprouvette graduée; laver précipité, vase et filtre à l'aide d'acide acétique à 66 pour 100; à la liqueur ajouter 1/20ᵉ de son volume de xanthydrol méthylique à 1/10ᵉ; recueillir la xanthylurée après 3 heures de condensation.

Les rendements en cyanamide varient beaucoup suivant les conditions de l'expérience :

Xanthylurée (en mg)	6,71	13,6	22,5
CN^2H^2 pour 100 de CH^2O	1,01	2,06	3,75

Le schéma qui suit représente cette nouvelle synthèse de la cyanamide :



MÉCANIQUE DES FLUIDES APPLIQUÉE. — *Sur le rendement des hélices.* Note de M. ROBERT ESNAULT-PELTERIE.

Ce qui va être dit s'applique naturellement aux hélices marines comme aux hélices aériennes, mais ce sont ces dernières qui seront prises comme exemple :

Considérons une hélice se déplaçant en ligne droite suivant son axe,

---

(²) R. FOSSE et P. DE GRAEVE, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 799.

avec une vitesse uniforme V (1), au sein d'un fluide homogène et immobile, en développant une force de traction de grandeur constante T. Le théorème des projections des quantités de mouvement nous donne la relation

$$T = \mu(V_1 - V), \tag{1}$$

μ étant la masse du fluide qui, dans chaque seconde, est accélérée par l'hélice et V_1 la vitesse avec laquelle ce fluide est rejeté vers l'arrière par rapport à un système de référence lié au mobile.

L'équation des forces vives nous indique que la puissance que l'air a reçue de l'hélice a pour expression, dans le même système de référence,

$$\mathfrak{P}_a = \mu \frac{V_1^2 - V^2}{2} = T \frac{V_1 + V}{2}, \tag{2}$$

mais, tandis que l'équation des quantités de mouvement s'applique avec rigueur dans tous les cas, l'application de l'équation des forces vives entraîne, pratiquement, une perte; il faut entendre par là que la puissance à fournir réellement est

$$\mathfrak{P} = \frac{\mathfrak{P}_a}{\rho} > \mathfrak{P}_a, \tag{3}$$

ρ étant le rendement de l'opération ainsi effectuée.

L'usage veut qu'on appelle *rendement d'une hélice* le quotient

$$\eta = \frac{VT}{\mathfrak{P}} = \frac{2\rho}{\frac{V_1}{V} + 1}; \tag{4}$$

cette dénomination est visiblement défectueuse puisque l'on compare ainsi deux puissances dont l'une est mesurée dans un système d'axes lié au fluide et l'autre dans un système d'axes lié au mobile (2). Un tel quotient n'a, pour ainsi dire, qu'une valeur *industrielle* et je propose de l'appeler plus correctement *coefficient d'utilisation*; le rendement proprement dit de l'hélice correspondant au rendement hydraulique d'une turbine est ρ de la formule (3), et je l'appellerai *rendement aérodynamique*.

---

(1) J'utilise ici les notations du Service des Recherches de l'Aéronautique.

(2) Dans le cas présent l'anomalie apparaît moins nettement que dans celui des fusées où cette manière de compter aboutit à ce que le rendement dépasse l'unité à partir du moment où la vitesse de translation de la fusée dépasse elle-même la moitié de la vitesse d'éjection.

On pourrait appeler *coefficient d'utilisation cinématique* le rapport

(5) $$\sigma = \frac{VT}{\mathcal{P}_a} = \frac{2}{\frac{V_1}{V} + 1},$$

puisqu'il ne dépend que des vitesses; on aurait alors la relation

(6) $$\eta = \sigma\rho.$$

Les Tables publiées par le Service des Recherches de l'Aéronautique donnent les caractéristiques des hélices en fonction des coefficients sans dimensions

$$\gamma = \frac{V}{nD},$$

$$\tau = \frac{T}{\frac{a}{g} n^2 D^4},$$

$$\chi = \frac{2\pi C}{\frac{a}{g} n^2 D^5},$$

$$\eta = \frac{\tau}{\chi}\gamma = \frac{VT}{2\pi n C} = \frac{VT}{\mathcal{P}},$$

D étant le diamètre de l'hélice en mètres, n le nombre de tours par seconde, V la vitesse en m/sec, a/g la masse spécifique de l'air.

Admettant que

(7) $$\mu = \frac{a}{g}\frac{\pi}{4}D^2 V \quad (^2),$$

on tire de (1)

(8) $$\frac{V_1}{V} = \frac{T}{\mu V} + 1 = \frac{4}{\pi}\frac{\tau}{\gamma^2} + 1,$$

c'est-à-dire, d'après (4),

(9) $$\rho = \eta\left(\frac{2}{\pi}\frac{\tau}{\gamma^2} + 1\right),$$

puis, d'après (5),

(10) $$\sigma = \left(\frac{2}{\pi}\frac{\tau}{\gamma^2} + 1\right)^{-1};$$

(2) Ce n'est là qu'une définition, en fait arbitraire, mais avantageuse pour l'intelligence des faits.

enfin, d'après (8), le recul relatif

$$r = \frac{V_1 - V}{V} = \frac{4}{\pi} \frac{\tau}{\gamma^2}. \tag{11}$$

D'après les valeurs des susdits coefficients, relevées sur les courbes publiées par le Service des Recherches de l'Aéronautique, on obtient, pour η, ρ, σ et r, les valeurs portées au tableau ci-dessous :

h.		Famille d'hélices (nombre de pales). II.	III.	IV.		Famille d'hélices (nombre de pales). II.	III.	IV.
0,5	η	0,732	0,735	0,740	σ	0,909	0,918	0,898
1		0,780	0,787	0,790		0,943	0,930	0,929
1,5		0,755	0,760	0,760		0,963	0,956	0,945
2		0,745	0,755	0,745		0,967	0,947	0,943
2,5		0,730	0,747	0,750		0,973	0,963	0,958
3		0,669	0,725	0,747		0,978	0,971	0,964
0,5	ρ	0,806	0,800	0,833	r	0,200	0,177	0,225
1		0,820	0,846	0,851		0,119	0,150	0,154
1,5		0,784	0,796	0,804		0,177	0,092	0,115
2		0,770	0,796	0,790		0,067	0,109	0,120
2,5		0,749	0,775	0,782		0,054	0,075	0,086
3		0,683	0,746	0,774		0,043	0,058	0,074

L'examen de ce tableau appelle plusieurs réflexions :

Le coefficient d'utilisation cinématique σ, constamment supérieur à 0,9, augmente avec le pas relatif pour atteindre 0,98, cependant que le recul relatif tombe à 0,04 ; cela semble élevé pour le premier et bas pour le second, mais il faut noter que je n'ai considéré que les points optima pour chaque pas relatif. Ces points correspondent à des vitesses qui augmentent avec le pas et le débit d'air intéressé par l'hélice croît corrélativement ; il est donc naturel que le rendement cinématique augmente lui-même, le recul diminuant.

Ces considérations semblent indiquer que, dans le cas de grands pas relatifs, les pales de l'hélice n'accélèrent directement qu'une partie de l'air qui la traverse, ceci avec un coefficient d'utilisation cinématique moindre, mais avec un rendement aérodynamique meilleur que ceux qui apparaissent finalement. Les portions de l'air directement accélérées entraînent ensuite par mélange celles qui ne l'ont pas été ; il se produit ainsi une perte de force vive qui abaisse le rendement aérodynamique, cependant que le coefficient d'utilisation cinématique est relevé par l'augmentation du débit-masse intéressé, le tout jusqu'aux valeurs finales qui ont été indiquées.

Si ce mécanisme de détail, suggéré par l'analyse ci-dessus, est exact, il doit y avoir avantage à augmenter le nombre de pales d'une hélice en même temps qu'on augmente son pas relatif. C'est justement ce qu'on observe sur le tableau jusqu'à quatre pales; il semble bien qu'il y aurait lieu de pousser plus loin dans cette voie.

En tout état de cause, on voit que, pour h variant de 0,5 à 1,5, $\rho \geqq 0{,}8$ approche du rendement hydraulique des bonnes turbines et même l'atteint parfois; les hélices marines, présentant des coefficients d'utilisation un peu supérieurs à ceux des hélices aériennes, s'égaleraient donc, comme rendement hydrodynamique, aux meilleures turbines hydrauliques, nonobstant que le fluide n'y soit pas dirigé par des aubes d'entrée.

TECTONIQUE. — *Les relations réciproques des joints dans les terrains plissés des Cornouailles* (Angleterre). Note (¹) de M. **Paul Fourmarier**.

Les roches sédimentaires répondent différemment aux sollicitations dynamiques suivant les conditions de charge auxquelles elles sont soumises, compte tenu de leur nature lithologique.

Dans un travail récent (²), j'ai envisagé la question pour les terrains paléozoïques de la Belgique en m'efforçant d'établir l'ordre d'apparition des divers types de joints qui affectent les bancs. Dès que se manifeste un début de lapidification, il s'y produit une fissuration suivant des joints normaux à la stratification qui sont les *diaclases;* à profondeur suffisante, les actions dynamiques en plissant les roches, y font naître la *schistosité.* Celle-ci, sous son développement le plus marqué, s'accompagne d'un étirement considérable de la matière; elle caractérise une déformation de type essentiellement plastique. Si, dans la suite, les conditions générales de la région sont modifiées par érosion de la zone plissée ou pour une autre cause, d'autres joints prennent naissance qui sont disposés suivant un réseau régulier, recoupant plis et feuillets de clivage; ces joints jouent par rapport à la masse plissée, un rôle comparable à celui des diaclases vis-à-vis d'un même banc rocheux. Ils peuvent s'être développés progressivement de telle sorte que les éléments d'un même réseau ne sont pas nécessairement synchroniques.

(¹) Séance du 27 juin 1938.

(²) *Société géologique de France*, séance du 16 mai 1938.

En Ardenne, la schistosité est antérieure à la mise en place des manifestations éruptives profondes; il en est de même de quelques joints postérieurs au plissement; mais il est d'autres joints plus tardifs par rapport au phénomène magmatique.

J'ai observé des faits analogues dans les Cornouailles (Angleterre) où l'on trouve le prolongement des terrains de l'Ardenne. Je me suis arrêté principalement à la région de Penzance et de Saint-Ives. Les terrains paléozoïques y sont très plissés; toutefois, à cause de la prédominance des séries schisteuses, il est difficile de préciser les règles de la tectonique. On note fréquemment la présence de chiffonnages serrés, de plis étirés, de plis couchés; la schistosité est très développée avec étirement considérable de la matière; de façon générale, elle est peu inclinée; le métamorphisme régional est relativement avancé et les roches argileuses sont à l'état de phyllades.

Tous ces caractères indiquent une première évolution à profondeur relativement grande, où les roches sont amenées à l'état de plasticité.

Les roches éruptives figurées sur la carte géologique sont des roches vertes (*greenstones*), des granites et des porphyres quartzifères (*elvans*); ces derniers sont très probablement des différenciations des granites comme les pegmatites et la plupart des gros filons de quartz si abondants dans la région.

Les roches vertes se sont mises en place avant les granites, car en plusieurs endroits, elles sont traversées par des filons de cette roche.

Toutes ces venues éruptives sont postérieures au plissement et au développement de la schistosité : elles se sont souvent injectées suivant le clivage ou le recoupent sans en modifier sensiblement l'allure.

Dans la falaise, à l'Est de Saint-Ives, j'ai trouvé non loin du granite, de beaux spécimens de schistes tachetés (*spotted slates*); les petits nodules y sont orientés suivant le clivage, lequel est donc antérieur au granite.

Dans l'anse de Prah Sands à l'est de Penzance, la surface de contact du granite et du schiste est irrégulière et correspond par places à des joints subverticaux postérieurs au clivage. La mise en place du granite a donc été précédée d'un stade de fracturation suivant des joints comparables à des diaclases; il a fallu qu'entre la production du clivage et la montée du granite, les conditions de résistance des roches aux sollicitations dynamiques fussent modifiées; c'est ce que j'ai constaté en Ardenne.

L'examen des filons de quartz permet d'affirmer que la fracturation des roches s'est continuée en une série de phases successives.

Les filons les plus nombreux et les plus puissants qui comprennent les filons stannifères ont des allures diverses : les uns recoupent la schistosité; d'autres sont en lentilles irrégulières; d'autres s'allongent parallèlement au clivage tout en présentant des changements brusques d'allure qui leur font recouper la schistosité en leur donnant une apparence plissée comparable aux plis ptygmatitiques des séries cristallophylliennes. [Il a été supposé que les plis ptygmatitiques prennent naissance en même temps que la schistosité et que le serrage extraordinaire de ces plis est son fait (voir E. Raguin, *Rev. Questions scient.*, mai 1937, p. 326-360, Louvain.) Cette explication ne semble pas pouvoir être admise pour les filons de quartz dont il s'agit ici.]

Lorsque des filons quartzeux sont particulièrement abondants, la schistosité, d'ordinaire très régulière en direction et en inclinaison, présente des allures anormales ou semble avoir été légèrement gauchie comme elle l'est parfois aussi dans le voisinage du granite. Les filons de ce type, stannifères ou non, provoquent de la métasomatose dans les schistes encaissants (silicification et injections de tourmaline entre les feuillets).

En plus de ces filons, on observe une série de joints subverticaux disposés en un réseau régulier dont les directions dominantes sont approximativement WSW-ENE, NW-SE et N-S. Ces joints, bien développés dans les schistes, se prolongent pour la plupart dans les roches éruptives; ils traversent les gros filons quartzeux décrits précédemment. Certains d'entre eux sont minéralisés en quartz ou en chlorite. Dans la falaise des Megiliggar Rocks, à l'Est de Penzance, j'ai observé un filon de quartz parallèle au clivage, traversé par un mince filon vertical à chlorite, lequel est recoupé à son tour par un filon quartzeux également vertical. Dans une mine d'étain près de Camborne, j'ai pu voir des filons stannifères à pente N déplacés par des filons de même direction mais à pente S ; tous ces filons sont à leur tour rejetés par des failles de direction méridienne dont le remplissage est un produit de sécrétion latérale sans relation avec le phénomène magmatique.

Toutes ces observations concordent pour montrer que les joints de diverses natures et leur remplissage correspondent à des stades successifs dans l'évolution de la région. Mes observations dans les Cornouailles confirment et complètent celles que j'ai faites sur les terrains paléozoïques de la Belgique quant à l'ordre de succession des joints et leurs relations avec les phénomènes magmatiques.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Tendances actuelles des techniques de la chaleur* par M. Véron (présenté par M. L. Guillet).

2° Raoul Michel May. *Les cellules embryonnaires.*

3° Ch. Claoué. *Oreille interne. Étude anatomo-pathologique et clinique. Technique histologique et expérimentale.*

4° *Analyse de diverses microphotographies se rapportant au nucléome des Schizophytes bactériacées et cyanophycées (Nucléosomes et centres nucléosomiens)* par A.-Ch. Hollande.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Les opérations des mathématiques pures sont toutes des fonctions mécaniques.* Note de M. **Louis Couffignal**, présentée par M. Maurice d'Ocagne.

Appelons *système de Herbrand* (¹) un ensemble d'éléments a_i satisfaisant à la définition du premier alinéa de Problème B[H]. Prenons pour a_0 l'indice I des invariants propositionnels [I] et pour fonctions f_i les fonctions suivantes (où les variables sont d'un même ordre) : la négation $f_1 = \sim x$, l'équivalence $f_2 = (x_1 \equiv x_2)$, le produit logique $f_3 = x_1 . x_2$, la juxtaposition $f_4 = x_1 . x_2$, définie au premier alinéa de [II], enfin, la fonction $f_5 = (\sim x/1)$, qui est une fonction de deux variables, x et 1, équivalente à f_1 ; de plus, représentons ~ 1 par 0. La combinaison des opérations f_i permet de construire à partir de 1 la forme universelle d'ordre n [II], quel que soit n ; l'ensemble des éléments ainsi construits est dénombrable, et la première condition de Problème B est vérifiée grâce au principe d'efficacité : *la forme universelle d'ordre* **n**, *où* **n** *peut croître indéfiniment, constitue donc un système de Herbrand.*

Dans une forme universelle, les systèmes $a_{i_1}, a_{i_2}, \ldots, a_{i_n}$ du second alinéa

(¹) Cf. J. Herbrand, *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 554; L. Couffignal, **206**, 1938, p. 1336, et **206**, 1938, p. 1529 : nous désignerons ces Notes par [H], [I] et [II].

de Problème B n'ont que deux éléments a_{i_1}, a_{i_2}, et les f_i dépendent toutes de deux variables, si l'on convient de remplacer f_4 par f_5. Désignons par $\varphi_\lambda(a_{\mu_1} a_{\mu_2} a_{\mu'_1} a_{\mu'_2})$ les relations $f_i(b_{j_1} b_{j_2}) = f_{i'}(c_{j'_1} c_{j'_2})$; l'opération f_4 servant seulement à la construction de la forme universelle, les indices i et i' des lettres f prennent seulement, dans l'énoncé d'un problème, les valeurs 2, 3, 5, de telle sorte que les φ_λ se conservent si l'on permute a_{μ_1} et a_{μ_2}, $a_{\mu'_1}$ et $a_{\mu'_2}$. Dès lors, si l'on forme à partir de deux systèmes a_{i_1}, a_{i_2} et $a_{i'_1}$, $a_{i'_2}$, un système unique a_{i_1}, a_{i_2}, $a_{i'_1}$, $a_{i'_2}$ (désigné par S_i) où les a sont écrits dans un ordre invariable, on peut former toutes les relations $f_i(b_{j_1} b_{j_2}) = f_{i'}(c_{j'_1} c_{j'_2})$ distinctes en remplaçant μ par i dans les φ_λ qui sont ainsi fonctions des S_i, et non nécessairement des a_μ considérés isolément. L'énoncé de Herbrand revient dès lors au suivant : *Étant donnés une collection quelconque de k^2 systèmes S_i formés par la combinaison deux à deux de k systèmes de deux éléments, un système de Λ fonctions $\varphi_\lambda(S_\mu)$, et un nombre p inférieur à h, peut-on choisir p systèmes S'_i parmi les S_i, tels que le produit logique Φ des fonctions φ_λ ne soit vrai que si les S_μ sont tous des S'_i.*

Désignons par Γ_u une combinaison $h-p$ à $h-p$ des k^2 systèmes S_i et par A_{uv} un arrangement Λ à Λ des S_i appartenant à Γ_u. Formons le produit logique Φ_v des valeurs des φ_λ pour l'arrangement A_{uv}, puis la somme logique Σ_u des Φ_v; la condition que les $\varphi_\lambda(S_\mu)$ ne soient vraies que si les S_μ sont tous des S_i qui n'appartiennent pas à Γ_u est équivalente à la condition que Σ_u soit faux. Enfin la condition qu'il existe une combinaison Γ_u pour laquelle Σ_u soit faux est équivalente à la condition que le produit logique Π des Σ_u soit faux. L'énoncé de Herbrand revient donc enfin au suivant : *Reconnaître si, dans le système propositionnel général à la forme universelle duquel appartiennent les éléments figurant dans les systèmes S_i, la fonction $\sim \Pi$ est un invariant propositionnel.*

Cet énoncé est celui qu'admet notre Problème de la démonstration [II] dans le cas où l'on prend pour système particulier S'_n le système général S_n lui-même.

Inversement, un système particulier d'ordre n pouvant toujours être défini par la condition qu'une proposition p de la forme universelle d'ordre n soit vraie, notre Problème de la démonstration peut s'énoncer, q étant la proposition sensée donnée : *reconnaître si la proposition $p \rightarrow q$ est vraie.* Cet énoncé prend la forme de l'énoncé de Herbrand en posant

$$a_{i_1} = 1, \quad a_{i_2} = p, \quad a_{i'_1} = p, \quad a_{i'_2} = q, \quad f_i = f_{i'} = f_3.$$

L'énoncé du second alinéa de Problème B et l'énoncé de notre Problème de la démonstration sont donc équivalents.

Par suite *la construction des diverses théories qui constituent les mathématiques pures peut s'effectuer complètement par des moyens exclusivement mécaniques, après traduction des hypothèses dans un langage symbolique approprié.*

La forme que nous avons donnée à l'énoncé de Herbrand met très simplement en évidence que la logique classique (basée sur le *modus ponens*) opère le passage d'une proposition p à l'une de ses conséquences q, au moyen d'une proposition invariante Π dont les propositions p et q sont des éléments; p et q peuvent exprimer des phénomènes naturels, Π exprime un phénomène intellectuel; ce dernier, dans la logique classique, est donc toujours plus compliqué que les phénomènes naturels auxquels il s'applique. L'opérateur mécanisable qui consiste à comparer chiffre par chiffre les indices logiques des propositions p et q n'exige la construction d'aucune proposition autre que p et q; il est applicable, identique à lui-même, à toutes les propositions : il constitue donc un opérateur déductif plus simple et plus puissant que l'opérateur classique. En outre, tandis que ce dernier, permettant seulement de passer de l'antécédent au conséquent, est irréversible, notre opérateur est réversible; on peut dire qu'il permet la recherche des causes à partir de l'effet observé, aussi bien que celle des effets à partir d'une cause donnée.

L'étude détaillée de la théorie des formes universelles, ainsi que la recherche des expressions que l'on peut donner de cette dernière pour l'approprier le mieux possible aux besoins des sciences de la nature feront l'objet d'un travail d'ensemble que nous publierons ultérieurement.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'analyse de la variance du total des notes de l'examen écrit du baccalauréat.* Note (¹) de M. **Henri Laugier** et Mlle **Dagmare Weinberg**, présentée par M. Émile Borel.

Aux examens du baccalauréat, le *total* des notes de toutes les épreuves écrites décide de l'admissibilité du candidat (et dans plus de 90 cas sur 100, ce total décide même de l'admission ou de l'échec final); nous avons essayé d'analyser les facteurs qui dispersent les notes *total* des différents candidats autour de la moyenne des candidats d'une série. En vue de cette analyse,

(¹) Séance du 27 juin 1938.

l'ensemble des effets dispersifs est exprimé au mieux par la variance des notes individuelles autour de la moyenne des candidats ([2]).

Au cours d'une recherche antérieure ([3]), appliquant les méthodes d'analyse factorielle de Spearman, nous avons montré que les notes d'une épreuve pouvaient être décomposées en facteurs indépendants, dont l'un, le facteur général, était commun à toutes les épreuves de la série, les autres facteurs étant liés chacun soit à une seule épreuve soit à quelques-unes, mais non pas à toutes; certains pouvaient être dus aux erreurs de mesure.

Pour déterminer les parts respectives que ces divers facteurs représentaient dans la variance du total des notes de l'examen écrit ([4]), la saturation de ce *total* par le facteur général de la série a d'abord été recherchée. Les coefficients de saturation obtenus sont indiqués au Tableau I (coefficients bruts, non corrigés pour les erreurs de mesures).

TABLEAU I.

		B secondaire		B primaire sup.
A.	A'.	gr.-espagnol.	gr.-allemand.	gr.-espagnol.
0,826	0,737	0,601	0,751	0,641

La part qui, dans la variance totale, est imputable à la variance du facteur général est donc représentée par les valeurs indiquées au tableau II.

TABLEAU II.

			B secondaire		B primaire sup.
	A.	A'.	gr.-espagnol.	gr.-allemand.	gr. espagnol.
Pour 100...	68	54	36	56	40

Les parts résiduelles se partagent entre facteurs spécifiques (dont les uns

---

([2]) Soient $X_1, X_2, \ldots, X_n$ les notes *total* des N candidats; la variance

$$V_x = \frac{\Sigma(X - \overline{X})^2}{N - 1} \quad \text{où} \quad \overline{X} = \frac{\Sigma X}{N}.$$

Si la note se décompose en éléments ou *facteurs* indépendants, la variance de la somme est égale à la somme des variances : si $X = a + b + c + \ldots + m$ et que

$$r_{ab} = r_{ac} = r_{am} = \ldots = 0; \quad \text{on a} \quad V_x = V_a + V_b + V_c + \ldots + V_m.$$

([3]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1864.

([4]) Les notes analysées ici sont les mêmes que celles ayant servi à la précédente étude.

sont inhérents chacun à une seule épreuve, d'autres communs aux mathématiques et à la physique, *op. cité*), et les erreurs de mesure.

Nous avons distingué les erreurs dues à la personnalité du correcteur et celles liées à la personnalité de l'élève.

Les recherches antérieures relatives aux corrélations entre les notes *total* émanant de jurys différents (et relatives aux mêmes copies) ([5]) permettent d'estimer à 12,5 pour 100 la part de la variance totale imputable aux variations fortuites liées à la personnalité du correcteur.

Sur les écarts liés à la personnalité de l'élève, on ne possède encore aucune donnée numérique précise. Cependant ces écarts ne doivent pas être inférieurs aux écarts liés à la personnalité du correcteur, les causes d'erreurs étant plus importantes et plus nombreuses pour le candidat qui subit l'examen que pour le professeur qui corrige les copies; de sorte qu'en acceptant pour base le chiffre de 12,5 pour 100, on reste très probablement au-dessous de la vraie valeur.

Les résidus représentent la part du facteur commun seulement aux mathématiques et à la physique (facteur scientifique) ainsi que l'ensemble des facteurs spécifiques inhérents chacun à une seule épreuve à l'exclusion des autres. Ils sont indiqués au Tableau III.

Tableau III.

			B secondaire		B primaire sup.
	A.	A'.	gr.-espagnol.	gr.-allemand.	gr.-espagnol.
Pour 100.........	7	21	39	19	35

Ces résultats (Tableaux II et III) montrent que le facteur général de la série a plus d'importance dans les séries réputées difficiles; il n'y laisse que peu de place à l'ensemble d'autres facteurs systématiques (facteurs spécifiques et facteur de groupe commun aux mathématiques et à la physique); ceux-ci acquièrent plus d'importance pour les groupes de candidats ayant opté pour les programmes réputés faciles (B espagnol) ou venus de l'enseignement primaire supérieur.

Il résulte de l'analyse factorielle un schéma quantitatif relatif à la structure des aptitudes scolaires et à la constitution à ce point de vue des types pédagogiques. Ce schéma doit faire l'objet d'une étude de psychophysiologie expérimentale avant d'être utilisé pour des applications pratiques.

([5]) H. Laugier et D. Weiberg, *Élaboration statique des données numériques de l'Enquête sur la correction des épreuves du Baccalauréat*, Paris, 1936.

TOPOLOGIE. — *Sur les espaces uniformes complets.*
Note [1] de M. **Jean Dieudonné.**

1. *Notions et résultats utilisés.* — Pour le sens des termes non définis dans cette Note, nous renvoyons au Mémoire de A. Weil sur les *espaces uniformes* [2] et aux Notes de H. Cartan sur les *filtres* [3]. Sur un même ensemble E, une topologie **T** est dite *plus fine* qu'une topologie **T**′ si tout voisinage d'un point dans **T**′ est voisinage de ce même point dans **T**. Une structure uniforme **U** sur E est de même dite *plus fine* qu'une structure uniforme **U**′ si tout entourage dans **U**′ est un entourage dans **U**. Une topologie **T** étant donnée sur un ensemble E, on dit qu'une structure uniforme **U** sur E est *compatible* avec la topologie **T** si la topologie déterminée sur E par la structure uniforme **U** est identique à **T**.

On appelle *pseudo-métrique* sur un ensemble E une fonction réelle $f(x, y)$ définie sur $E \times E$, telle que : 1° $f(x, y) \geqq 0$ et $f(x, x) = 0$; 2° $f(x, y) = f(y, x)$; 3° $f(x, z) \leqq f(x, y) + f(y, z)$ [4]. Une famille quelconque Φ de pseudo-métriques sur E y définit une structure uniforme [5] en prenant pour filtre des entourages le filtre engendré par les ensembles des couples (x, y), tels que $f(x,y) < a$, f parcourant la famille Φ et a l'ensemble des nombres > 0. Inversement, il résulte d'un théorème de A. Weil [6] que toute structure uniforme peut être définie de cette manière. Si E est muni d'une topologie **T**, et si les fonctions de Φ sont *continues* au sens de cette topologie, la structure uniforme définie par Φ détermine une topologie *moins fine* que **T**.

2. J'aborde, dans cette Note, le problème [7] de savoir *si l'on peut munir un espace topologique complètement régulier* [8] *d'une structure uniforme compatible avec sa topologie, et pour laquelle l'espace soit complet.*

Théorème. — *Si* E *peut être muni d'une structure uniforme* **U** *telle que,*

---

[1] Séance du 27 juin 1938.

[2] *Act. Scient. et Industr.*, n° 551, Paris, 1937.

[3] *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 595-598 et 777-779.

[4] f est une *métrique* si de plus $f(x, y) \neq 0$ lorsque $x \neq y$.

[5] Tout au moins si, lorsque $x \neq y$, il existe f dans Φ telle que $f(x, y) \neq 0$.

[6] *Loc. cit.*, p. 15.

[7] Problème posé par A. Weil, *loc. cit.*, p. 38-39.

[8] C'est la condition nécessaire et suffisante pour qu'un espace topologique puisse être uniformisé (A. Weil, *loc. cit.*, p. 12-13).

dans l'espace $\bar{E}$, *complété de* E *au sens de cette structure, tout point de* $\bar{E} - E$ *ait un système fondamental dénombrable de voisinages, alors on peut munir* E *d'une structure uniforme* **U'** *plus fine que* **U**, *et pour laquelle* E *soit complet.*

L'idée de la démonstration (9) est la suivante : lorsqu'on remplace une structure uniforme sur E par une structure plus fine, on *diminue* le nombre (grossièrement parlant) des filtres de Cauchy sur E. La démonstration consiste alors à choisir **U'** de sorte qu'aucun des filtres de Cauchy (au sens de la structure **U**), qui *ne convergeaient pas* dans E, ne soit un filtre de Cauchy au sens de la structure **U'**; celle-ci est alors bien une structure d'espace complet. Pour arriver à ce résultat, on définit, pour chaque point $x_0 \in \bar{E} - E$, une fonction $f_{x_0}(x)$, continue sur $\bar{E}$, sauf au point x_0, où elle tend vers $+\infty$, et l'on ajoute aux pseudo-métriques qui définissent **U** les pseudo-métriques $|f_{x_0}(x) - f_{x_0}(y)|$.

3. Un premier cas où le théorème s'applique est celui où E est *réunion dénombrable d'ensembles compacts* : on retrouve ainsi un théorème implicitement démontré par A. Weil (10). Un autre cas plus important est celui où E est *métrisable : tout espace métrisable peut être muni d'une structure uniforme d'espace complet.* Cette structure n'est pas métrisable en général : on sait, par exemple, qu'elle ne peut pas l'être si E est l'ensemble des nombres *rationnels*. Par contre, il résulte de la démonstration ci-dessus et d'un théorème de A. Weil (11) *qu'on peut trouver une métrique rendant complet un sous-espace de la droite* (avec la topologie ordinaire) *dont le complémentaire est dénombrable*, par exemple, l'ensemble des nombres *irrationnels*, ou celui des nombres *transcendants*; il serait intéressant dans ces deux derniers cas de déterminer *effectivement* des métriques jouissant de cette curieuse propriété.

4. On peut se demander si *tout* espace complètement régulier ne pourrait être muni d'une structure d'espace complet; il n'en est rien, comme le montre un exemple de Tychonoff (12). On montre en effet que, dans ce cas, on ne peut munir l'espace que d'*une seule* structure uniforme, pour laquelle le filtre des complémentaires des ensembles compacts est de Cauchy, et ne converge pas.

---

(9) Les démonstrations détaillées des propositions de cette Note seront publiées dans un autre Recueil.

(10) *Loc. cit.*, p. 28-29; la démonstration est un cas particulier de celle utilisée ici.

(11) *Loc. cit.*, p. 16.

(12) *Math. Annalen*, 102, 1930, p. 553.

5. Par contre, on peut former d'autres espaces susceptibles d'être munis d'une structure d'espace complet, et auxquels le théorème ci-dessus ne s'applique pas directement, par exemple les *sous-espaces fermés des produits quelconques d'espaces métrisables*. On peut montrer que tout espace complètement régulier dont la topologie est *plus fine* qu'une topologie d'espace métrisable, est homéomorphe à un tel sous-espace. Dans cette catégorie rentre en particulier un exemple d'espace non normal donné par Niemytzki et van Dantzig ([13]); il existe donc des espaces non normaux susceptibles d'être munis d'une structure d'espace complet ([14]).

THÉORIE DES ESPACES ABSTRAITS. — *Sur les espaces à connexion affine et les espaces riemanniens généralisés.* Note de M. **Robert Potier**, présentée par M. Élie Cartan.

Les notations sont celles de notre Note précédente ([1]).

Soit un espace $\mathcal{E}$ à connexion affine; on appelle géodésiques les courbes autoparallèles de $\mathcal{E}$. Il est facile de voir que leurs représentations dans E (supposé être un espace de Banach) satisfont à l'équation (2) ([2])

$$\frac{d^2m}{dt^2} + \omega\left(\frac{dm}{dt}\right)\frac{dm}{dt} = 0, \tag{1}$$

laquelle admet, selon M. A. D. Michal ([3]), sous réserve que ω vérifie une condition de Lipschitz, une solution et une seule tangente à un élément linéaire donné $[m_0, (dm/dt)_0]$.

Cela étant, il est clair qu'il existe un voisinage de M_0 dont tous les points sont atteints par les géodésiques issues de M_0. Un système de *coordonnées normales* sera obtenu en transportant par équipollence le repère en M_0 le long de toutes les géodésiques issues de M_0.

Si l'on fait la *carte* de ce système de repères sur l'espace de Banach, de façon que les géodésiques issues de M_0 soient représentées par des droites

(13) Voir Alexandroff-Hopf, *Topologie I* (Berlin, 1935), p. 31.

(14) Cf. A. Weil, *loc. cit.*, p. 39.

(1) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1868.

(2) Cette équation est valable une fois fait un choix de repères naturels (voir E. Cartan, *Leçons sur la géométrie des espaces de Riemann*, Paris, 1928, p. 40).

(3) A. D. Michal, *Annali R. Scuola Norm. Sup. Pisa*, 7, 1938, p. 3.

issues de m_0 et si chaque droite $\mathcal{D}$ est définie par un vecteur u, chaque point de $\mathcal{D}$ par un nombre t, si d'autre part, on pose

$$\omega = \overline{\omega}, \qquad \varpi = u\, dt + \overline{\varpi},$$

on obtient

$$\frac{\partial \overline{\omega}}{\partial t} = \Omega(u, \overline{\varpi}), \tag{2}$$

$$\frac{\partial \overline{\varpi}}{\partial t} = du + \overline{\omega} u + \mathrm{T}(u, \overline{\varpi}), \tag{3}$$

avec les conditions initiales $(\overline{\varpi})_0 = 0$, $(\overline{\omega})_0 = 0$.

Si l'on introduit le produit scalaire de deux vecteurs (gx, y), g étant un opérateur linéaire borné, la parenthèse indiquant une formule bilinéaire invariable, le transport par équipollence des vecteurs conserve leur produit scalaire à condition que

$$dg = \omega^\star g + g\omega, \tag{4}$$

où $\omega^\star$ est l'associé de ω, de telle sorte que $(\omega x, y) = (x, \omega^\star y)$.

On démontre alors l'identité

$$\Omega^\star g + g\Omega = 0 \quad ([2]). \tag{5}$$

Si le produit scalaire (gx, y) est symétrique en x et y, on peut définir la quantité

$$\mathrm{K} = \frac{[g\Omega(x, y)x, y]}{\|x\|^2\|y\|^2 - (gx, y)^2};$$

K est une fonction d'élément plan appelée *courbure riemannienne*. Par la suite, nous supposerons que la torsion est nulle. Le tenseur de courbure satisfait alors à l'identité

$$\big(g\Omega(x, y)z, \mathrm{U}\big) = \big(g\Omega(z, u)x, y\big), \tag{6}$$

quels que soient les vecteurs X, Y, Z, U.

L'annulation identique de K entraîne celle du tenseur Ω.

Si le carré scalaire de la forme ϖ est défini positif, on voit que $ds^2 \geqq dt^2$ (en coordonnées normales), ds^2 étant le carré scalaire de ϖ.

Donc, la géodésique réalise, localement, le plus court chemin d'un point à un autre.

Si $\mathcal{E}$ est complet, on démontre que toute géodésique y est indéfiniment prolongeable (ceci est vrai, même quand il y a de la torsion).

Si la courbure K est partout négative ou nulle, on voit que $ds \geqq d\sigma$, en désignant par $d\sigma$ l'élément linéaire de l'espace des coordonnées normales. La somme des angles d'un triangle géodésique est alors inférieure ou égale à 2 droits.

Dans ce cas, si deux points A et B sont toujours joints par une géodésique au moins, et si l'espace est simplement connexe, on sait que la géodésique AB est unique.

Alors, par un point pris hors d'une géodésique, on peut mener à cette géodésique une perpendiculaire et une seule.

En faisant usage de coordonnées normales avec une géodésique de base [4], on démontre les théorèmes suivants :

1° Deux géodésiques quelconques G et Γ ou bien ont une perpendiculaire commune et une seule, ou bien sont telles que la distance d'un point de l'une G à l'autre Γ tende vers une limite finie h, quand le point s'éloigne indéfiniment sur G (on dit alors que G est parallèle à Γ).

2° Si $\mathcal{E}$ est complet, il existe deux parallèles à une géodésique donnée, passant par un point donné et deux seulement.

3° Si G et Γ sont parallèles, une condition suffisante pour qu'elles soient parallèles de Lobatchewsky (c'est-à-dire $h = 0$), est que, dans un « tube » de rayon suffisant entourant Γ, $|K| \geqq f(s)$, $f(s)$ étant une fonction positive telle que $\int_{s_0}^{\infty} f(s)\,ds$ soit divergente.

Les résultats obtenus par MM. Hadamard [4] et E. Cartan [5] dans le cas des surfaces à courbures opposées et des espaces à n dimensions à courbure riemanienne négative ou nulle s'étendent ainsi aux espaces abstraits sans modification importante.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur l'additivité du contingent.* Note de M. Lelio I. Gama.

Nous étudierons d'abord l'additivité de l'ensemble limite d'une fonction ponctuelle uniforme définie dans un ensemble de points.

Remarque préliminaire. — Soit $E(x)$ un ensemble borné de points, fonction de la variable réelle x dans un champ X. Supposons : a. que $E(x)$

---

[4] *Journal de Mathématiques pures et appliquées,* 5e série, 4, 1898, p. 27-73.
[5] E. Cartan, *op. cit.*, p. 36, 192, 197, 198 et 254 à 267.

n'est pas vide quel que soit x; b. que $E(x)$ est *monotone* dans X. Nous avons ce théorème : *L'ensemble L des points appartenant à $E(x)$ quel que soit x est toujours non vide et fermé.* En désignant par ξ la borne inférieure (supérieure) de x si $E(x)$ est non décroissant (non croissant) dans X, on peut dire que L est la *limite intérieure de $E(x)$*, quand x tend vers ξ.

Additivité de l'ensemble limite d'une fonction. — Soit $f(P)$ une fonction uniforme du point P dans l'ensemble P^*; nous supposerons que l'ensemble des points $f(P)$ est borné. Soient A un point d'accumulation de P^*, (α) un voisinage de A et $F(\alpha)$ l'ensemble des déterminations de $f(P)$ dans $P^*[(\alpha)-A]$. Si nous regardons $F(\alpha)$ comme une fonction du rayon α de (α), elle satisfait aux conditions a et b ci-dessus : $F(\alpha)$ a donc une limite intérieure quand α tend vers zéro. Cette limite sera dite *ensemble limite* de $f(P)$ au point A. Notation : $\lim_{P \succ A} f(P)$. Les éléments de l'ensemble-limite sont les *points-limites* de $f(P)$. Pour que B soit un point-limite, il faut et il suffit que, étant donné un voisinage quelconque (β) de B, il existe, dans tout voisinage de A, une infinité de points $P \neq A$ pour lesquels $f(P)$ appartient à (β).

A tout voisinage ouvert $\mathcal{V}_\varepsilon$ de $\lim_{P \succ A} f(P)$ (obtenu par la construction $\mathcal{C}.\mathcal{M}$. avec rayon ε) on peut attacher une famille de voisinages (α) de A, tels que, pour tout point $P \neq A$ contenu dans un $P^*(\alpha)$, $f(P)$ appartienne à $\mathcal{V}_\varepsilon$. La borne supérieure des rayons des (α) définit un voisinage maximum $(\alpha)_\varepsilon$ de A, qu'on appellera *la sphère d'inclusion* de $f(P)$ dans $\mathcal{V}_\varepsilon$.

Considérons, maintenant, P^* comme la réunion d'un nombre fini ou infini d'ensembles Q^*, ayant chacun le point d'accumulation A, et désignons par $f(Q)$ la *partie* de $f(P)$ correspondant au champ partiel Q^*. Nous dirons que f(P) a, au point A, *une oscillation uniforme par rapport à l'ensemble des sous-ensembles* Q^*, lorsque, quel que soit le voisinage $\mathcal{V}_\varepsilon$, fixé, avec le même rayon ε, sur chaque $\lim_{Q \succ A} f(Q)$, les rayons des sphères d'inclusion des $f(Q)$ dans les $\mathcal{V}_\varepsilon$ de leurs ensembles-limites, ont une borne inférieure *non nulle*. Celle-ci définira *la sphère d'inclusion uniforme*, S_ε. Alors, si P est un point de P^*S_ε, $f(P)$ sera certainement dans le voisinage $\mathcal{V}_\varepsilon$ de la réunion des ensembles-limites des f(Q). Ce résultat permet de démontrer ce théorème :

Si P* *est la réunion d'un nombre fini ou infini d'ensembles* Q*, *ayant tous le point d'accumulation* A, *on a* $\lim_{P \succ A} f(P) = \Sigma \lim_{Q \succ A} f(Q)$, *pourvu que les deux conditions suivantes soient vérifiées :* 1° *La réunion des ensembles-limites*

partiels est un ensemble fini ou fermé; 2° la fonction $f(P)$ *a, au point* A, *une oscillation uniforme par rapport à l'ensemble des sous-ensembles* Q^*.

Notons que, pour une décomposition *finie* de P^*, la condition d'uniformité est toujours vérifiée.

ADDITIVITÉ DU CONTINGENT. — Soient (Δ) la classe des demi-droites Δ issues du point O, δ l'intersection de Δ avec la surface S d'une sphère centrée en O. La correspondance (Δ, δ) définit une homéomorphie H entre la classe (Δ) et l'espace ponctuel formé par S. Dès lors, si l'on emprunte à (Δ) un élément $\Delta(P)$, défini comme fonction du point P dans un ensemble P^*, on pourra, par l'intermédiaire de l'homéomorphie H, étendre à une telle fonction $\Delta(P)$ la définition de l'ensemble-limite, et celle de l'uniformité d'oscillation de $\Delta(P)$ par rapport à une décomposition donnée de P^* aux environs d'un point d'accumulation.

Cela posé, soit $\mathcal{E}$ un ensemble de points, A un point de $\mathcal{E}'$. Si l'on considère la demi-sécante AP de $\mathcal{E}$ comme une fonction $\Delta(P)$ définie sur $\mathcal{E}-\{A\}$, on voit immédiatement que l'on a l'identité $\mathrm{ctg}_A \mathcal{E} = \lim_{P \succ A} \Delta(P)$. Donc, l'*additivité de* $\mathrm{ctg}_A \mathcal{E}$ *pour une décomposition finie ou infinie* $\mathcal{E} = \Sigma \mathcal{F}$ *(le point A appartenant à tous les* $\mathcal{F}'$*), aura lieu, pourvu que les deux conditions suivantes soient vérifiées :* 1° $\Sigma \mathrm{ctg}_A \mathcal{F}$ *est un ensemble fini ou fermé;* 2° *la demi-sécante* $\Delta(P)$ *a, autour du point A, une oscillation uniforme par rapport à la totalité des sous-ensembles* $\mathcal{F}$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Remarque sur le lemme de Schwarz.* Note (1) de M. A. **BERMANT**, présentée par M. Paul Montel.

1. Soit $w = f(z)$ une fonction régulière dans $|z| < 1$ et telle que $f(0) = 0$. Le lemme de Schwarz, dans sa forme classique, affirme que $z = 0$ est un *point d'attraction*, c'est-à-dire que $|f'(0)| \leq 1$ si pour $|z| < 1$ on a $|f(z)| < 1$.

Il est intéressant de remarquer que cette proposition subsiste même quand on fait des hypothèses moins restrictives sur la surface riemannienne W de la fonction $w = f(z)$.

Appelons *étoile de la surface* W *au point* $[z, f(z)]$ le plus grand domaine univalent contenu dans W et étoilé par rapport au point $[z, f(z)]$. Alors la condition du lemme de Schwarz, qui exige que la projection de W se

(1) Séance du 27 juin 1938.

trouve dans le cercle $|w| \leq 1$, peut être remplacée par la condition que l'étoile de W au point (o, o) est située dans ce cercle.

Si $w = f(z)$ est régulière dans $|z| < 1$, $f(0) = 0$ et l'étoile de sa surface au point (o, o) est située dans le cercle $|w| \leq 1$, on a $|f'(0)| \leq 1$. Le signe d'égalité n'a lieu que dans le cas où $f(z) \equiv \varepsilon z$, $|\varepsilon| = 1$.

Le lemme de Schwarz précisé dans cette forme peut être facilement déduit d'un résultat obtenu par G. M. Golouzine [2] et ensuite par l'auteur (*C. R. Ac. Sc. U.R.S.S.*, 18, n° 3, 1938). Il est cependant possible de donner une évaluation de $|f'(0)|$ qui apprécie plus finement les propriétés de la représentation donnée.

Considérons le cercle $|z| \leq r_0 < 1$. L'étoile correspondant à ce cercle au point (o, o) sera désignée par $D^\star_{r_0}$, son contour par $\lambda^\star_{r_0}$, le domaine du plan z correspondant à $D^\star_{r_0}$ par $\Delta^\star_{r_0}$ et son contour par $l^\star_{r_0}$. Il suit de l'inégalité établie dans ma Note citée que l'on a

$$\int_{\lambda^\star_{r_0}} \ln \frac{\rho}{|f'(0)|}\, d\theta \geq 2 . 2\pi \ln r_0 - \int_{l_{r_0}} \ln r\, d\varphi, \qquad w = \rho e^{i\theta}, \qquad z = re^{i\varphi}.$$

D'où

$$-2\pi \ln |f'(0)| \geq \left[\int_{\lambda^\star_{r_0}} \ln r_0\, d\theta - \int_{\lambda^\star_{r_0}} \ln \rho\, d\theta\right] + \left[\int_{l^\star_{r_0}} \ln r_0\, d\varphi - \int_{l^\star_{r_0}} \ln r\, d\varphi\right],$$

ou bien

$$\text{(A)} \qquad \ln \frac{1}{|f'(0)|} \geq \frac{1}{2\pi} \int_{\lambda^\star_{r_0}} \ln \frac{r_0}{\rho}\, d\theta + \frac{1}{2\pi} \int_{l^\star_{r_0}} \ln \frac{r_0}{r}\, d\varphi.$$

Quand $r_0 \to 1$, on aura

$$\ln |f'(0)| \leq \frac{1}{2\pi} \int_{\lambda^\star_1} \ln \rho\, d\theta + \frac{1}{2\pi} \int_{l^\star_1} \ln r\, d\varphi.$$

2. Il est facile de déduire de l'inégalité (A) différentes évaluations de $|f'(0)|$ exprimées au moyen de l'aire ordinaire. Indiquons une telle évaluation.

Soit $\bar{l}^\star_{r_0}$ le contour de l'étoile au point $z = \infty$ du domaine complémentaire à $\Delta^\star_{r_0}$. Désignons par $\bar{\Delta}^\star_{r_0}$ le domaine fini borné par $\bar{l}^\star_{r_0}$. L'inégalité (A) subsiste à plus forte raison si l'on remplace $l^\star_{r_0}$ par $\bar{l}^\star_{r_0}$. On a

$$\ln \frac{1}{|f'(0)|^2} \geq \frac{1}{2\pi} \int_{\lambda^\star_{r_0}} \ln \left(\frac{r_0}{\rho}\right)^2 d\theta + \frac{1}{2\pi} \int_{\bar{l}^\star_{r_0}} \ln \left(\frac{r_0}{r}\right)^2 d\varphi$$

---

[2] *Rec. Math.*, 2, n° 44, 1937, p. 3.

ou bien

$$\frac{1}{|f'(0)|^2} \geq \exp\left[\frac{1}{2\pi}\int_{\lambda^\star_{r_0}} \ln\left(\frac{r_0}{\rho}\right)^2 d\theta\right] \exp\left[\frac{1}{2\pi}\int_{\overline{l}^\star_{r_0}} \ln\left(\frac{r_0}{r}\right)^2 d\varphi\right],$$

donc

$$\frac{1}{|f'(0)|^2} \geq \frac{\pi r_0^2}{\frac{1}{2}\int_{\lambda^\star_{r_0}} \rho^2\, d\theta} \; \frac{\pi r_0^2}{\frac{1}{2}\int_{\overline{l}^\star_{r_0}} r^2\, d\varphi} = \frac{\pi r_0^2}{S^\star_{r_0}} \; \frac{\pi r_0^2}{\overline{s}^\star_{r_0}},$$

où $S^\star_{r_0}$ est l'aire de $D^\star_{r_0}$, $\overline{s}^\star_{r_0}$ l'aire de $\overline{\Delta}^\star_{r_0}$.

Donc

(B) $$|f'(0)| \leq \sqrt{\frac{S^\star_{r_0}}{\pi}} \sqrt{\frac{\overline{s}^\star_{r_0}}{\pi}},$$

c'est-à-dire $|f'(0)|$ *ne surpasse pas le produit des* rayons moyens *des domaines* $D^\star_1$ *et* $\overline{\Delta}^\star_1$.

3. On déduit de l'inégalité (B) l'évaluation suivante du module de la dérivée d'une fonction $w = f(z)$ régulière dans le cercle-unité :

$$|f'(z)| \leq \frac{R^\star(z)}{1 - |z|^2},$$

où $R^\star(z)$ est le rayon moyen de l'étoile du point $[z, f(z)]$ de la surface définie par $w = f(z)$. Donc, on n'a pas besoin de s'appuyer sur le théorème de A. Bloch pour établir que la famille des fonctions régulières dans $|z| < 1$ pour lesquelles $R^\star(z) \leq R$, R désignant une constante, est normale.

On sait ([3]) que cette proposition permet d'obtenir une série de résultats concernant les propriétés des fonctions de cette famille. En particulier, il est facile de démontrer que la fonction $w = f(z)$ régulière dans $|z| < 1$ et vérifiant les conditions $f(0) = 0$, $f'(0) = 1$, $R^\star(z) \leq R$ pour $|z| < 1$ couvre, ainsi que les fonctions bornées, le cercle univalent de centre $w = 0$ et de rayon supérieur à une certaine constante ne dépendant que de R.

([3]) P. Montel, *Leçons sur les fonctions univalentes ou multivalentes*, Paris, 1938.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur les déformations subpermanentes.* Note de MM. **Jean Galibourg** et **Pierre Laurent**, présentée par M. Léon Guillet.

Nous avons vérifié que les allongements du plexigum (1), pendant plus de 10 heures après l'application de la charge, suivent la loi établie en observant pendant un temps inférieur à 20 minutes.

Nous avons retrouvé les mêmes lois de déformation en fonction du temps sur un autre dérivé de l'acide métacrylique beaucoup plus rigide, le plexiglas. Ceci nous a permis d'utiliser un enregistreur plus sensible, d'opérer sur une plus petite éprouvette, et d'étudier l'influence de la température.

Influence de la charge. — La déformation observée au bout d'un temps donné est proportionnelle à la charge.

Influence de la température. — La température a une très grande influence. Au bout d'un temps déterminé, la déformation, sous une charge donnée, est une fonction de la température d'allure exponentielle.

Étude de la contraction après décharge. — Pendant la contraction, qui suit une durée constante d'application de la charge, la vitesse de contraction, à un instant donné, est proportionnelle à la charge qui a provoqué la déformation.

Dans ces conditions, la vitesse de contraction est d'autant plus grande que la température est plus élevée.

On peut donc, après une extension, réduire la vitesse de contraction en diminuant la température. Un refroidissement rapide supprimera même toute contraction.

En réchauffant, on rend de nouveau la contraction possible.

A l'échauffement d'un corps, ayant subi une première déformation à chaud, il peut donc y avoir contraction, même en l'absence de transformation physico-chimique.

Nos expériences ne contredisent pas les observations de Bouasse (2) ni celles de Tapsell (3). Toutefois celui-ci suppose que les corps, susceptibles de déformations subpermanentes, comportent une partie subissant des défor-

(1) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 217.
(2) *Résistance des matériaux*, Paris, 1920.
(3) *Congrès de l'Association intern. d'Essais des Matériaux*, Londres, 1937.

mations élastiques et une partie n'ayant que des déformations plastiques. Dans ce cas, sous l'action d'un effort de traction, la déformation devrait avoir pour limite la déformation que prendrait la partie élastique, si elle supportait seule tout l'effort.

D'après nos expériences, rien ne permet d'établir l'existence d'une limite à l'allongement subpermanent.

Dans les métaux et alliages, les allongements subpermanents ne peuvent être séparés, pendant l'application de l'effort, des déformations élastique et plastique. C'est seulement après décharge que l'on peut observer la contraction subpermanente seule. Elle est faible et n'a pas été mesuré avec une grande précision.

Étant données, de ce fait, les erreurs relatives considérables, les nombreuses courbes de contraction des métaux que nous avons examinées ne nous ont pas permis de vérifier la proportionnalité de la vitesse de contraction et de la charge antérieurement appliquée, telle que nous l'avons établie pour le plexigum et le plexiglas. Toutefois aucune indication contraire n'a été relevée.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Nouvelle méthode pour la mesure des débits gazeux.* Note de M. **Roger Duchêne**, présentée par M. Émile Jouguet.

On a cherché depuis longtemps à substituer aux compteurs volumétriques, qui emprisonnent du gaz sur un plan d'eau invariable, des compteurs statiques basés sur une propriété résultant du mouvement du gaz dans une conduite. La loi de Bernouilli, par exemple, permet de mesurer la vitesse du courant gazeux par la variation de pression qui résulte d'une augmentation de vitesse provoquée par un étranglement (tuyère ou diaphragme). La vitesse peut également être évaluée en mesurant la différence entre la pression statique dans la conduite et la pression totale, somme de cette pression statique et de la pression dynamique due à la quantité de mouvement des molécules. Cette mesure se fait au moyen du tube de Pitot, bien connu. Connaissant la vitesse du gaz dans la conduite, on calcule aisément le débit.

L'un et l'autre de ces procédés nécessitent un étalonnage préalable dans les conditions d'emploi, si l'on cherche des déterminations de quelque

précision; ils nécessitent également la connaissance du poids spécifique du gaz et la constance de celui-ci.

On s'est bien efforcé, au cours de ces dernières années, dans divers pays, d'éviter cet étalonnage préalable en codifiant des règles strictes pour l'établissement des appareils, diaphragme ou tuyère, et en fixant des termes correctifs divers, suivant les conditions expérimentales, mais l'approximation avec laquelle on peut ainsi obtenir la vitesse du courant n'est pas très satisfaisante encore. L'imprécision sur la densité diminue encore la précision.

Cette Note a pour objet de présenter une méthode nouvelle, précise et d'application simple, qui donne des débits instantanés et qui peut même permettre des enregistrements. Cette méthode est surtout intéressante pour la mesure des gros débits, pour lesquels l'emploi de compteurs volumétriques ou de diaphragmes conduit à des dépenses très élevées d'installation.

Le principe, appliqué depuis longtemps pour les débits d'eau, consiste à injecter, dans la conduite dont on veut mesurer le débit, une impureté en un point A, puis à détecter le passage de cette impureté en un point B situé à une distance connue, en aval du point A. La nouveauté apportée réside dans l'application de cette méthode aux débits gazeux.

L'impureté injectée en A consiste en une bouffée de gaz d'indice différent de celui du gaz qui circule dans la conduite (du gaz butane, par exemple, dans le gaz d'éclairage). La détection en B se fait au moyen de l'observation d'un système de franges d'interférences obtenu en faisant passer l'un des deux faisceaux interférentiels dans un couloir de 70^{cm} de longueur où circule, à grande vitesse, du gaz prélevé en B, le second faisceau traversant un milieu d'indice constant.

L'interféromètre utilisé est de construction simple, robuste et peu coûteuse, il est du type à *trous d'Young*. Sur la conduite, deux petits orifices doivent être pratiqués, l'un en A, l'autre en B; le trou B porte un tube qui plonge jusqu'à l'axe de la conduite, ces trous doivent être aussi distants que possible l'un de l'autre (150^{m} dans nos essais).

L'observateur se tient en B et commande de ce poste toute l'opération, l'injection en A pouvant se faire à distance par commande électrique. L'observateur déclenche simultanément l'injection et un chronomètre, puis il observe les franges et arrête le chronomètre dès que celles-ci viennent à se déplacer. Le temps ainsi déterminé, la connaissance de la distance AB et de la section de la conduite sont les trois grandeurs

nécessaires et suffisantes pour calculer le débit; les deux dernières sont des constantes.

Cette méthode est donc indépendante du poids spécifique du gaz, elle donne le débit dans les conditions de pression et de température du gaz dans la conduite.

Nous avons procédé à de nombreux essais dans une grande usine à gaz sur la conduite de 1^m de diamètre qui relie la Salle des Compteurs aux gazomètres, le point A se trouvant peu après les compteurs. L'accord s'est révélé aussi parfait que possible.

C'est donc le débit moyen que l'on mesure par la méthode proposée.

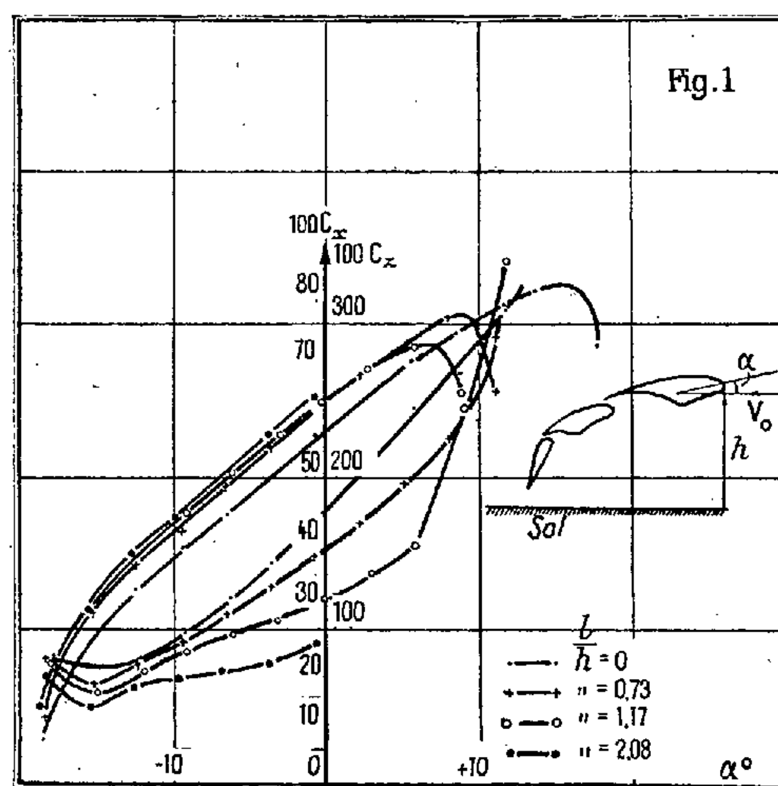
Étant donné que le gaz qui pénètre dans l'interféromètre est prélevé sensiblement suivant l'axe de la conduite et que la durée du trajet de ce point à l'interféromètre peut être considérée comme négligeable, on serait fondé à penser que l'on mesure la vitesse suivant l'axe de la conduite, c'est-à-dire la vitesse maxima. Il faut en conclure que, *dans les conditions expérimentales indiquées*, le rapport de la vitesse moyenne à la vitesse maxima est très voisin de 1.

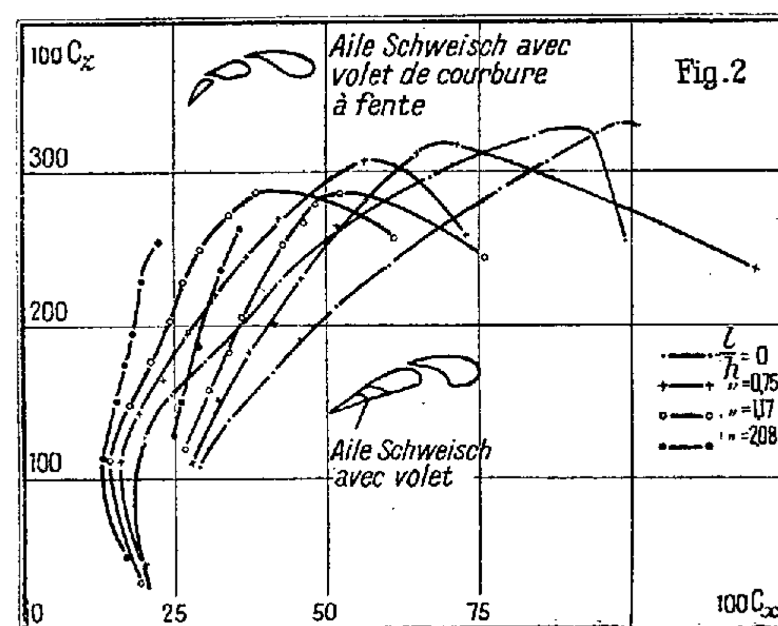
Ce résultat n'est pas conforme à la conception généralement admise pour la répartition des vitesses dans une veine de fluide en déplacement, qui assigne au rapport ci-dessus une valeur notablement inférieure à 1. Nous pensons cependant que ce fait s'explique par les conditions d'extrême turbulence de l'écoulement considéré, caractérisé par un nombre de Reynolds élevé (370 000). L'influence des parois, indéniable, doit se faire sentir seulement sur une couche annulaire d'épaisseur très faible au voisinage des parois. Nous comptons poursuivre cette étude pour élucider ce point.

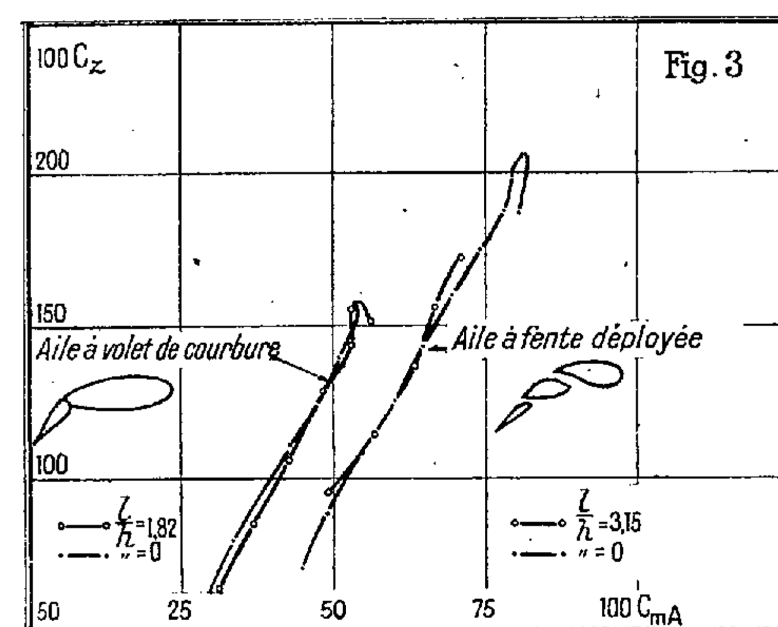
AÉRODYNAMIQUE. — *Étude en soufflerie des caractéristiques aérodynamiques de quelques dispositifs hypersustentateurs placés au voisinage du sol.* Note (1) de M. **Louis Viaud**, présentée par M. Albert Caquot.

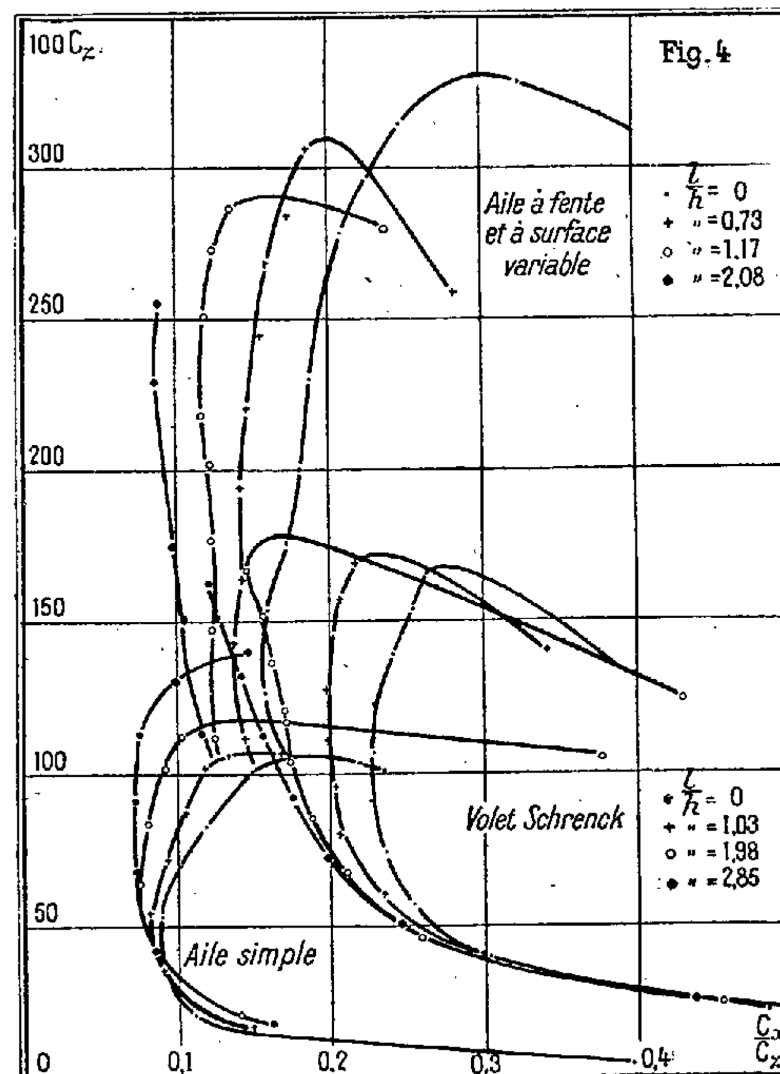
Nous avons donné (2) les résultats d'essais effectués sur quelques ailes munies de dispositifs hypersustentateurs et placées au voisinage du sol. Nous indiquons d'abord ceux obtenus sur une aile à fente à courbure et à

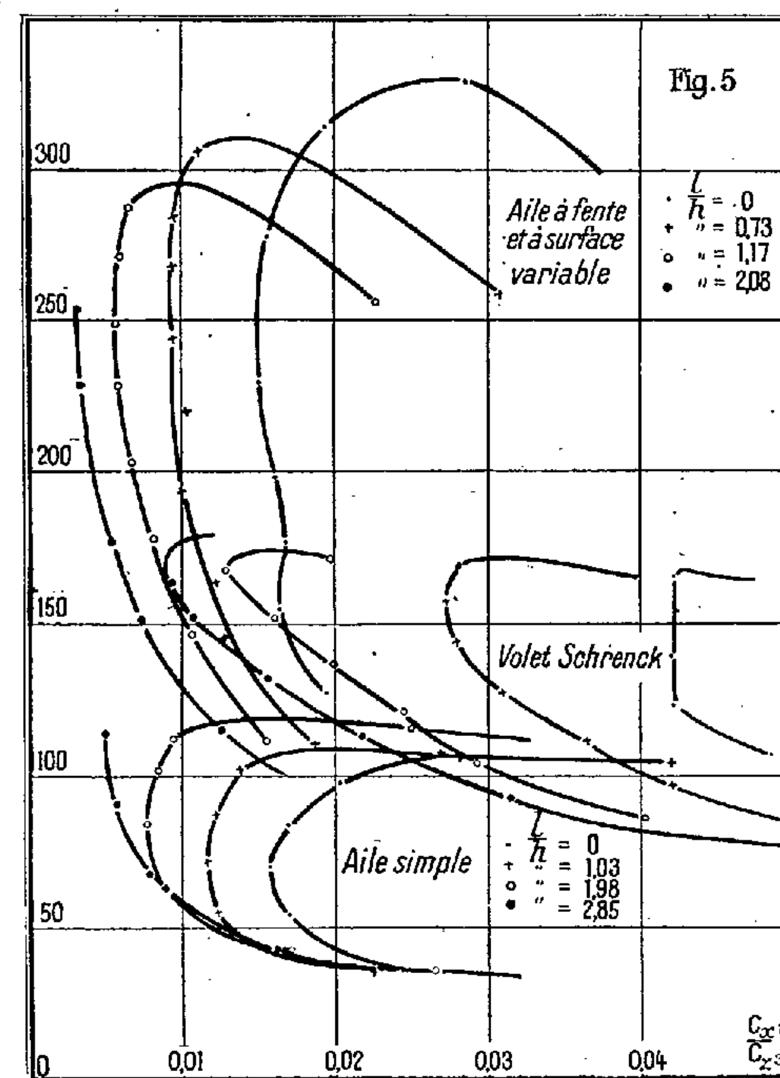
(1) Séance du 27 juin 1938.
(2) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1877.


Fig. 1
100 C_x
100 C_z
Sol
α
V_0
h
$\frac{l}{h}$ = 0
" = 0,73
" = 1,17
" = 2,08
$\alpha°$


Fig. 2
100 C_z
Aile Schweisch avec volet de courbure à fente
Aile Schweisch avec volet
100 C_x


Fig. 3
100 C_z
Aile à volet de courbure
Aile à fente déployée
100 C_{mA}


Fig. 4
100 C_z
Aile à fente et à surface variable
$\frac{l}{h}$ = 0
" = 0,73
" = 1,17
" = 2,08
Volet Schrenck
$\frac{l}{h}$ = 0
" = 1,03
" = 1,98
" = 2,85
Aile simple
$\frac{C_x}{C_z}$


Fig. 5
Aile à fente et à surface variable
$\frac{l}{h}$ = 0
" = 0,73
" = 1,17
" = 2,08
Volet Schrenck
Aile simple
$\frac{l}{h}$ = 0
" = 1,03
" = 1,98
" = 2,85
$\frac{C_x^2}{C_z^3}$

surface variable imaginée par M. Schweisch. Ce dispositif permet de réaliser des portances très élevées (le coefficient de portance rapporté à la corde initiale ayant atteint 330 dans nos expériences et notablement plus dans d'autres essais).

L'aile essayée était rectangulaire (100^{cm} d'envergure, 20^{cm} de corde aile fermée, et 28^{cm} aile déployée), munie successivement d'un volet de courbure à fente puis d'un volet d'intrados. Les figures 1 et 2 donnent les courbes unitaires et les polaires correspondant à ces essais (les coefficients unitaires étant rapportés à la surface réduite) :

Dans la région des Cz supérieurs à 100, on ne constate pas de variation de pente des courbes $Cz = F(\alpha)$, mais on retrouve une diminution très importante des Cz maximum comme dans les dispositifs à fente précédemment étudiés. Le Cz maximum est d'ailleurs obtenu pour des incidences de plus en plus faibles lorsque l'on se rapproche du sol.

L'influence du sol sur les courbes unitaires Cx se manifeste plus nettement. On retrouve la diminution du Cx lorsque l'altitude décroît et de plus le Cx minimum lui-même se trouve diminué par la présence du sol.

Mentionnons ensuite que l'influence de la proximité du sol sur le moment par rapport au bord d'attaque est très faible pour les divers dispositifs étudiés. La figure 3 donne l'évolution des Cm_A en fonction des Cz pour deux de ces dispositifs.

Les résultats que nous venons d'indiquer montrent que l'influence de la proximité du sol sur les ailes sustentatrices et surtout sur les ailes munies de dispositifs hypersustentateurs modifie notablement les caractéristiques aérodynamiques Cx, Cz et plus modérément les Cm_A. Dans les équations de décollage et d'atterrissage, il sera donc nécessaire de tenir compte de ces modifications. Les caractéristiques aérodynamiques de l'aile interviennent alors sous la forme des rapports Cx/Cz (finesse) et Cx^2/Cz^3. Les figures 3 et 4 donnent l'évolution importante de ces rapports en fonction de la proximité du sol pour trois des dispositifs étudiés.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur le passage des corpuscules à travers des barrières de potentiel sphériques.* Note (¹) de M. **Gabriel Badarau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous nous proposons de résoudre le problème de la pénétration des corpuscules chargés dans le noyau, dans le cas d'une barrière à symétrie sphé-

(¹) Séance du 27 juin 1938.

rique quelconque, dont la fonction potentielle est continue et finie à l'intérieur de la barrière ($r_0 < r < r_2$, r_0 étant le rayon du noyau et $r_2 \gg r_0$), devient une constante $U = U_i$ à l'intérieur du noyau ($0 \leq r < r_0$) et s'annule à l'extérieur de la barrière ($r > r_2$). Rappelons que Fowler et Wilson ([2]) ont étudié le même problème dans le cas de M = const. à l'intérieur même de la barrière.

On trouvera ici le calcul du coefficient de transmission T de la barrière, utile à l'étude des niveaux de résonance. Nous nous bornerons au cas des particules de moment cinétique nul, pour lequel la solution de l'équation de Schrödinger se réduit à une onde sphérique

$$\Psi(r) = \frac{1}{r}\chi(r)\exp\left(\frac{\mathrm{E}it}{\hbar}\right),$$

où $\chi(r)$ satisfait l'équation

$$(1) \qquad \frac{d^2\chi}{dr^2} + \frac{2\mathrm{M}}{\hbar}[\mathrm{E} - \mathrm{U}(r)]\chi(r) = 0.$$

En utilisant la méthode d'approximation de Brillouin-Wentzel on peut trouver des solutions approchées de (1) de la forme

$$\chi(r) = y^{-\frac{1}{2}}\exp.\left(-\frac{1}{\hbar}\int^r y\,dr\right) \quad \text{avec} \quad y = \sqrt{2\mathrm{M}[\mathrm{E} - \mathrm{U}(r)]}$$

qui correspondent à l'approximation de l'optique géométrique. L'emploi de cette solution approximative est, par ailleurs, très délicat du fait que Ψ ainsi choisi présente des singularités pour les valeurs de r pour lesquelles $\mathrm{E} = \mathrm{U}(r)$, tandis que la solution exacte de (1) n'en présente pas.

Ce fait rend difficile l'établissement des conditions de continuité au point r_1 ($\mathrm{E} = \mathrm{U}$). Aussi nous allons utiliser pour les établir une méthode employée par Gamow ([3]), dans un problème différent, consistant à raccorder en ces points seulement l'exponentielle de $\chi(r)$. Ceci revient à dire, tout au moins en ce qui concerne le raccordement de la fonction $\chi(r)$ elle-même, qu'on prend seulement le premier terme dans la série de Brillouin-Wentzel.

Nous avons ainsi été amené à choisir, dans les diverses régions du

---

([2]) *Proc. Roy. Soc.*, **124**, 1929, p. 493.
([3]) *Structure of Atomic Nuclei*, Oxford, 1937, p. 87 et suiv.

domaine, des solutions de la forme

$$\chi^{(e)}_{r_2<r} = \exp(iKr) + R\exp(-iKr) \qquad \text{avec} \quad K = \frac{1}{\hbar}\sqrt{2ME},$$

$$\chi^{(1)}_{r_1<r<r_2} = y_1^{-\frac{1}{2}}\left[a_1\exp\left(+i\frac{1}{\hbar}\int_{r_1}^{r} y_1\,dr\right) + a_2\exp\left(-i\frac{1}{\hbar}\int_{r_1}^{r} y_1\,dr\right)\right],$$

$$\chi^{(2)}_{r_0<r<r_1} = y_2^{-\frac{1}{2}}\left[b_1\exp\left(+\frac{1}{\hbar}\int_{r_0}^{r} y_2\,dr\right) + b_2\exp\left(-\frac{1}{\hbar}\int_{r_0}^{r} y_2\,dr\right)\right],$$

$$\chi^{(i)}_{0\leq r<r_0} = C[\exp(iK_3 r) - \exp(-iK_3 r)]$$

avec

$$y_1 = \sqrt{2M[E - U(r)]}, \qquad y_2 = \sqrt{2M[U(r) - E]} \qquad \text{et} \qquad K_3 = \frac{1}{\hbar}\sqrt{2M(E - U_i)},$$

la solution $\chi^{(i)}$ étant choisie de façon que $\Psi(0)$ reste finie à l'origine.

En écrivant maintenant les conditions de continuité pour $\chi(r)$ et pour $d\chi/dr$ aux limites r_0, r_1 et r_2 et en éliminant a_1, a_2, b_1, b_2 et R entre les six relations, on obtient pour T, en faisant $r_2 \to \infty$ et en admettant que $U(r)$ et dU/dr tendent en même temps vers zéro (cas du potentiel coulombien), une expression de la forme

$$T = CC^* = \frac{K}{A},$$

où A est donné par l'expression

$$A = \sin^2 K_3 r_0\left[\left(\hbar\mu^2 + \frac{y_{2,0}}{\hbar}\right)\operatorname{ch}2\varphi - 2\mu y_{2,0}^{-\frac{1}{2}}\operatorname{sh}2\varphi\right]$$
$$+ 2K_3 y_{2,0}^{-\frac{1}{2}}\sin K_3 r_0\cos K_3 r_0\left(\hbar\mu\operatorname{ch}2\varphi - y_{2,0}^{-\frac{1}{2}}\operatorname{sh}2\varphi\right) + K_3^2\left(\frac{\hbar}{y_{2,0}}\right)\cos^2 K_3 r_0\operatorname{ch}2\varphi,$$

avec les notations suivantes

$$\mu = \left(\frac{M}{2}\right)y_{2,0}^{-\frac{3}{2}}\left(\frac{dU}{dr}\right)_{r=r_0} \qquad \text{avec} \qquad y_{2,0} = y_2(r_0),$$

$$\varphi = \frac{2M}{\hbar}\int_{r_0}^{r_1}[U(r) - E]^{\frac{1}{2}}\,dr \qquad \text{avec} \qquad r_1 = r(U = E).$$

Dans le cas spécial d'un potentiel coulombien, φ est donné par

$$\varphi = \frac{4MZe^2}{\hbar E^{\frac{1}{2}}}(u_0 - \sin u_0\cos u_0).$$

Remarquons enfin, que dans le cas de la pénétration de particules-α dans le noyau, on ne peut pas renoncer dans $\chi^{(2)}$ au terme en $\exp(-\varphi)$, comme on le fait en général dans la théorie de la radioactivité, pour le cas de l'expulsion de particules-α, dont l'énergie ne dépasse pas alors $4.10^6 eV$

et où donc le rapport $\exp(-\varphi)/\exp(\varphi)$ est au plus égal à environ 0,23. En ce qui concerne la pénétration, la région la plus intéressante est au contraire celle des énergies plus grandes que $4.10^6 eV$ (les niveaux de résonance donnés par l'expérience commencent à $4.10^6 eV$ et continuent jusqu'au delà de $6.10^6 eV$). Or la valeur de $\exp(-\varphi)/\exp(\varphi)$ est déjà 0,23 pour $E = 4.10^6 eV$ et devient égale à 0,95 pour $E = 6,6.10^6 eV$. Les chiffres que nous avons donnés se rapportent au cas de l'aluminium, pour lequel on a pris comme hauteur de la barrière $6,8.10^6 eV$.

MÉCANIQUE ATOMIQUE. — *Détermination mécanique de la constitution du noyau de tous les atomes.* Note (¹) M. **Alex Véronnet**, présentée par M. Henri Villat.

Le noyau de tous les atomes et de tous leurs isotopes stables peut se construire sur *le même modèle dynamique*, de niveaux énergétiques et d'orbites stables, que *l'enveloppe extérieure d'électrons de ces atomes*, et cela au moyen de *deux constituants seulement*, qui sont les noyaux des deux premiers isotopes de l'hydrogène, c'est-à-dire H_2^+ et H_3^+.

1° *Marche à suivre dans la démonstration.* — Dans son modèle d'atome de l'hydrogène, Bohr avait construit tout un réseau d'orbites pour l'électron unique de cet atome. Ce réseau a été ensuite étendu, par la mécanique quantique et ondulatoire, à l'enveloppe d'électrons de tous les autres atomes en montrant de plus comment ces orbites et ces niveaux étaient successivement saturés par les électrons, au fur et à mesure de l'accroissement du nombre atomique z.

Or le noyau de tout atome de nombre z possède également z charges positives. Ces charges étant des charges unitaires, comme le proton, ne peuvent pas être autre chose que les noyaux des isotopes de l'hydrogène. Pour résoudre le problème on procédera comme il a été fait pour l'enveloppe d'électrons. On construira donc d'abord mécaniquement les noyaux des différents isotopes de H, puis on étendra cette construction aux autres noyaux.

Tout noyau de nombre z devra pouvoir s'obtenir en ajoutant un ou deux noyaux de H au noyau précédent de nombre $z-1$ ou $z-2$. Ce sera la vérification expérimentale.

(¹) Séance du 27 juin 1938.

2° *Construction mécanique des noyaux des isotopes de* H. — Comme les noyaux des isotopes de H ont une seule charge positive, ils sont constitués nécessairement par un proton P (pour H_1) plus 1, 2, 3, ... neutrons pour les suivants. En écrivant : électron E, proton P, neutron N, deuton D, on a les formules

$$H_1^+ = P, \quad H_2^+ = PEP = D, \quad H_3^+ = PEP.EP = DEP = D.N, \quad H_4^+ = D.2N, \quad \ldots$$

Dans le deuton, le seul connu à l'état isolé, nous avons deux protons P *tournant autour d'un électron* E, absolument comme les deux électrons externes de He tournant autour de son noyau. La loi des quanta leur impose alors un rayon de l'orbite 930 fois plus petit. Les rayons des noyaux seront donc beaucoup plus petits que ceux des atomes. Les protons sont ainsi plongés assez avant dans le champ magnétique des électrons, où ils perdent une partie de leur propre champ, c'est-à-dire de leur masse.

Dans l'isotope suivant $H_3^+ = DEP = D.N$, nous avons un système dynamique analogue à $H_2^+ = PEP$, mais où un P est remplacé par un D. On peut dire encore que nous avons un neutron N sur une orbite L, à 2 quanta, qui tourne autour d'un deuton central D, dont les deux protons tournent sur l'orbite K, à 1 quantum. Ce système, composé de trois protons, nous l'appellerons un triton T.

3° *Construction des autres noyaux atomiques sur le même modèle.* — La fusion de deux deutons donne le noyau de He, où les quatre protons forment probablement un carré tournant autour de l'axe central des deux électrons. Le calcul de l'équilibre dynamique du système montre que le rayon de l'orbite des protons est égal à 2,31 fois la distance des électrons, et à 1,92 fois le rayon de l'orbite du deuton calculé ci-dessus.

Ce noyau de He, avec ses deux charges positives, où les protons à un quantum occupent l'orbite K, formera ensuite, dans les autres noyaux, un centre d'attraction absolument analogue au deuton central des isotopes de H. Les orbites suivantes seront occupées alors par les constituants D ou T. L'électron du deuton D, ou celui du deuton central du triton T jouera là le même rôle de liaison que l'électron des neutrons dans les isotopes de H, avec cette seule différence que le proton de N est remplacé par deux charges positives.

Les deux lithium, de poids atomique 6 et 7, s'obtiennent en ajoutant, au noyau de He, deux ou trois masses atomiques, c'est-à-dire un deuton ou un triton. Pour les deux béryllium de poids atomique 8 et 9, il faut ajouter à

He deux deutons, ou bien un triton et un deuton, 2D ou TD, sur l'orbite L_1, qui sera saturée. Les trois autres orbites du niveau L se satureront de même de D et de T pour donner B, C; Az, O; F, Ne. Le niveau L, ainsi saturé, possédera alors 10 charges positives et formera de même un nouveau centre d'attraction pour les électrons des constituants du niveau M, et ainsi de suite.

La constitution des atomes de la première série, avec les isotopes, en deutons et tritons, à partir du noyau de He, est donnée ci-dessous :

Li6, Li7;	Be8, Be9;	B10, B11;	C12, C13;	N14, N15;	O16, 17, 18;	Fe19;	Ne20, Ne22.
He.D;	He.2D;	He.2D.D;	He2D.2D;	2D.2DD;	2D.2D.2D;	2D.2D.2D.T;	2D.2D.2D.2D.
He.T;	He.TD;	He.TD.D;	He.TD.2D;	TD.2D.D;	TD.2D.2D;	TD.2D.2D.D;	TD.2D.2D.DT.
					TD.2D.DT;		

On peut ainsi, sans aucune exception, former tous les atomes, en dérivant les deux isotopes principaux de ceux de l'atome précédent en lui ajoutant P, D ou T (avec $T + P = 2D$), ou bien en les dérivant de l'atome de même parité $z - 2$, en lui ajoutant 2D ou 2T.

4° *Réduction des constituants à deux seulement.* — En désignant par n le nombre des deutons et par n' celui des tritons, on a les formules

$$n = 3z - A, \qquad n' = A - 2z, \qquad zA = (3z - A)D + (A - 2z)T,$$

où zA désigne un atome quelconque de nombre z et de masse A.

Comme tous les noyaux sont formés par deux éléments fondamentaux, le proton et l'électron, dont les combinaisons forment successivement le neutron PE, le deuton PEP ou PN, le triton DN, l'hélion He ou 2D, les hypothèses sur la constitution du noyau se ramènent à admettre que ces éléments forment les seuls *constituants réels et distincts* de tous les noyaux. On obtient alors les formules de constitution suivantes, par rapport à P et E, P et N, D et N,

$$zA = AP + (A - z)E = zP + (A - z)N = zD + (A - 2z)N.$$

Mais la théorie de la constitution en deutons et tritons renferme toutes les autres, car D est égal à $P + N$ et T à $D + N$.

THÉORIE CINÉTIQUE. — *Interprétation statistique des réactions entre solides à haute température*. Note (¹) de M. **Thadée Peczalski**, présentée par M. Paul Langevin.

Pour interpréter statistiquement les phénomènes que j'ai découverts (²), à savoir des réactions chimiques entre les métaux et les sels, nous basons les raisonnements sur le fait que ces réactions sont d'autant plus rapides que la pression du gaz est plus grande. J'admets que le facteur principal de ces réactions est la dissociation des molécules des sels à l'état gazeux. Chacun des sels employés se sublime. Sa vapeur, dont la pression peut être très petite, est toujours partiellement dissociée. Les produits des dissociations des molécules sublimées des sels réagissent avec les solides entourés par cette vapeur et donnent de nouveaux composés chimiques, par la combinaison des atomes du solide avec les atomes métalloïdes du sel dissocié. Ce nouveau sel se sublime à son tour et ainsi il se forme une atmosphère composée du mélange de ces deux vapeurs.

Soit ε_1, l'énergie de dissociation de la molécule du premier sel (1). Sur le nombre N des molécules de ce sel à l'état gazeux, le nombre N_1 des molécules d'énergie $E \geqq \varepsilon_1$ est

$$N_1 = N e^{-\frac{\varepsilon_1}{KT}}. \tag{1}$$

L'énergie cinétique de chacune des N_1 molécules peut être transformée dans la collision avec d'autres molécules en énergie de dissociation de la molécule. Nous pouvons écrire que le nombre N'_1 des molécules dissociées à la température donnée est proportionnel à N_1, nombre des molécules possédant l'énergie E, donc

$$N'_1 = A_1 N e^{-\frac{\varepsilon_1}{KT}}, \tag{2}$$

où A_1 est un facteur de proportionnalité dont la valeur dépend de la grandeur et de la forme de la molécule.

Le nombre N_2 de molécules (2), formées 1° des atomes métalloïdes dissociés du sel (1) et 2° des atomes métalliques du métal chauffé dans le sel, dépend du nombre des atomes N'_1. Nous écrivons

$$N_2 = \tau N'_1. \tag{3}$$

(¹) Séance du 27 juin 1938.
(²) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1728.

L'équilibre entre les molécules dissociées et toutes les molécules de la vapeur (1) doit être toujours maintenu (le nombre des atomes dissociés du sel est fonction de la température seule), mais une certaine proportion des atomes dissociés (les atomes métalloïdes) réagit avec les solides et forme le nouveau sel (2), ou bien ces atomes se déposent et diffusent dans les solides (atomes métalliques) et leur nombre décroît avec le temps. Pour maintenir l'équilibre, d'autres molécules du sel (1) sont dissociées. Comme ce processus continue avec le temps, le facteur τ de la dernière formule est une fonction du temps t : $\tau = f(t)$ et $\partial\tau/\partial t > 0$ pour de grandes quantités de métal chauffé dans le sel.

Le sel formé (2) est dissocié à son tour. Comme dans le cas précédent, le nombre de molécules dissociées, suivant la loi de Dalton, est

$$N'_2 = A_2 N_2 e^{-\frac{\varepsilon_2}{KT}}, \tag{4}$$

où ε_2 est l'énergie de dissociation des molécules nouvellement formées (2), et, avec la valeur (3) de N_2, on a

$$N'_2 = A_1 A_2 \tau N e^{-\frac{\varepsilon_1+\varepsilon_2}{KT}}. \tag{5}$$

La proportion de molécules-grammes des gaz métalliques produits par la dissociation de leurs sels est

$$\frac{N'_1}{N'_2} = \frac{1}{A_2}\frac{1}{\tau} e^{+\frac{\varepsilon_2}{KT}}. \tag{6}$$

Cette dernière équation montre qu'au début du chauffage ce sont les atomes métalliques du sel (1) qui vont se déposer dans le tube chauffé, et ensuite, avec l'accroissement du temps de chauffage, vont se déposer les vapeurs du métal chauffé ($\partial\tau/\partial t > 0$).

Considérons la réaction entre NaCl et Cu; par application de la formule (6), nous pouvons calculer le rapport des molécules-grammes de Na et Cu, produits par la dissociation de NaCl et de CuCl formé dans cette réaction. Ce rapport, à la température T de 1000° C, est de l'ordre de 10^{14}, et par conséquent, dans ce cas, les vapeurs du métal alcalin sont presque exclusivement présentes dans le gaz.

CAPILLARITÉ. — *Différentes structures de la buée déposée par le souffle sur certains corps gras.* Note (¹) de M. **Roger Mérigoux**, présentée par M. M. de Broglie.

I. Examinée au microscope, la buée que le souffle dépose sur la surface libre d'une goutte d'*huile de paraffine*, rigoureusement exempte de molécules actives, se compose de gouttelettes d'eau pouvant atteindre plusieurs centièmes de millimètre de diamètre ; leur écartement est du même ordre de grandeur. Ces gouttelettes, malgré leur proximité, ne se précipitent pas les unes sur les autres comme le font à plus grande échelle deux gouttes d'un même liquide flottant à la surface d'un autre liquide ; cela s'explique par le faible poids de ces gouttelettes, qui ne provoque aucune courbure dans la surface restée libre de l'huile de paraffine.

La figure 1 ($\times 64$) représente dans ce cas la structure de la buée : les

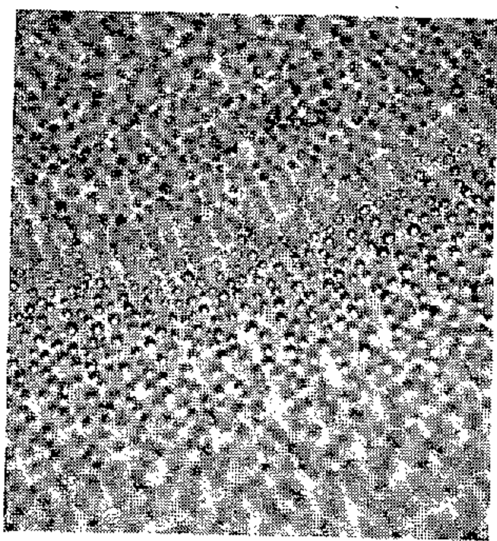


Fig. 1.

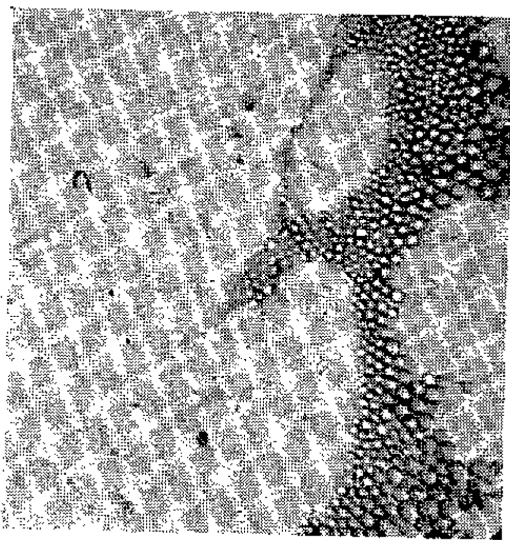


Fig. 2.

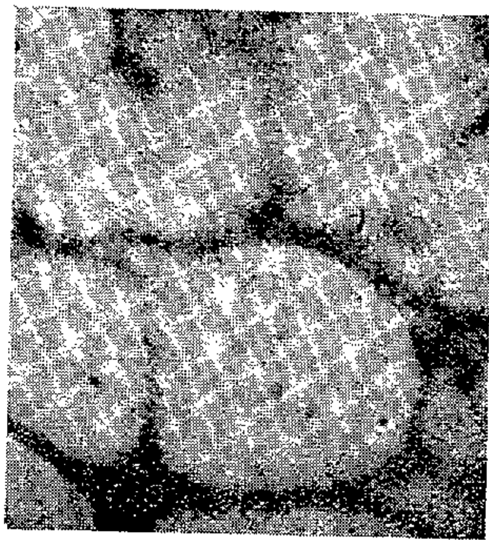


Fig. 3.

gouttelettes y restent toujours immobiles et diminuent de volume jusqu'à disparition complète par suite de leur évaporation.

II. La buée déposée par le souffle sur l'*acide oléique*, corps composé de molécules polaires possédant un groupement hydrophile COOH, présente un aspect entièrement différent. D'abord composée d'une couche d'eau vraisemblablement uniforme, elle est rapidement le siège d'un fourmillement de gouttelettes très fines et juxtaposées qui crèvent les unes dans les autres en formant des plaques de gouttelettes plus grosses et représentées à la figure 2 ($\times 64$).

(¹) Séance du 27 juin 1938.

Chacune de ces plaques se réduit finalement à une seule gouttelette qui produit autour d'elle un mouvement régulier de l'acide gras : mouvement centripète à la surface et centrifuge dans les couches sous-jacentes ; la gouttelette étant le centre du mouvement. Elle disparaît en général brusquement par une sorte d'explosion à deux dimensions.

III. L'aspect de la buée peut déceler la présence d'une faible proportion de molécules actives mélangées à de l'huile de paraffine. Dans ce cas la buée est d'abord semblable à celle qui se forme à la surface d'huile rigoureusement neutre; ce n'est qu'après une dizaine de secondes que les gouttelettes ainsi formées amorcent un mouvement de rassemblement, mouvement s'accélérant de plus en plus et dont un aspect a été fixé à la figure 3 ($\times 64$). Cette figure a trait à une huile de paraffine contenant 1/18000e d'acide oléique. Des proportions encore plus faibles de molécules actives peuvent ainsi être décelées, ce qui montre que cette méthode, toute qualitative, est d'une grande sensibilité.

IV. On peut dire qu'à chaque liquide ou mélange de liquides non miscibles avec l'eau correspond une *figure de souffle* bien déterminée; mais cette figure peut être modifiée par la fluidité et la volatilité du liquide; c'est ainsi que sur la benzine on voit les gouttelettes d'eau entraînées rapidement dans des tourbillons cellulaires microscopiques analogues à ceux que H. Bénard (²) a décrits pour d'autres phénomènes à plus grande échelle.

Le mécanisme de ces phénomènes sera analysé dans un prochain mémoire.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Calcul de la constante des gaz parfaits pour la vapeur d'eau, à l'aide des résultats expérimentaux adoptés par la Conférence Internationale des Tables de la Vapeur d'Eau.* Note de M. **Philippe Tongas**, présentée par M. Ch. Fabry.

Nous avons déjà (¹) utilisé les tables réduites, publiées après la troisième réunion de la *Conférence Internationale des Tables de la Vapeur d'Eau*, pour établir des expressions empiriques précises, quoique relativement simples, du volume spécifique et de la chaleur totale de la vapeur surchauffée.

(²) *Thèse*, Paris, 1901.

(¹) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1134; 204, 1937, p. 1408.

La présente Note a pour objet le calcul de la valeur numérique que les résultats expérimentaux adoptés par la Conférence Internationale conduisent à attribuer à la constante des gaz parfaits pour la vapeur d'eau.

La méthode suivie, indépendante de toute hypothèse sur la forme de l'équation d'état, s'inspire du même principe que la méthode des densités limites de Daniel Berthelot. Si l'on considère le produit pv relatif à un gaz comme une fonction de la pression p, elle consiste à déterminer par extrapolation la valeur limite $(pv)_0$ prise par ce produit quand la pression p s'annule; puis, en considérant que le gaz est alors à l'état parfait, à chercher le rapport de la quantité $(pv)_0$ à la température absolue T correspondante.

Dans le mode de représentation adopté, les isothermes de la vapeur surchauffée sont, entre les limites considérées, des courbes d'allure décroissante, à très faible courbure et dont la direction se rapproche de l'horizontale lorsque la température augmente, comme il ressort de leur tracé par points effectué à l'aide de la table réduite reproduite dans notre première Note.

La forme très aplatie de ces isothermes nous a paru légitimer l'emploi de la méthode précitée, surtout si l'on considère que l'extrapolation permettant de déterminer leurs points d'intersection avec l'axe des ordonnées pv, est de très faible étendue par rapport à la portion connue des courbes. Les quantités $(pv)_0$, ainsi déterminées pour chaque température T, sont connues avec la même précision que les autres produits pv obtenus à partir des données de la table.

On peut alors dresser le tableau suivant dans lequel les unités employées sont :

Le degré centigrade pour les températures t et T;
Le kilogramme par mètre carré pour la pression absolue p;
Le mètre cube par kilogramme pour le volume spécifique v.

t.	T.	$(pv)_0$.	R.	t.	T.	$(pv)_0$.	R.
200...	473,16	22 270	47,067	400...	673,16	31 680	47,062
250...	523,16	24 620	47,060	450...	723,16	34 030	47,057
300...	573,16	26 970	47,055	500...	773,16	36 390	47,067
350...	623,16	29 330	47,067	550...	823,16	38 740	47,063

Ce tableau montre que le rapport R des quantités $(pv)_0$ aux températures absolues T correspondantes est très sensiblement constant et que les variations de T ne lui imposent pas un sens de variation déterminé. Ses valeurs extrêmes sont 47,055 et 47,067, correspondant à une variation

absolue de 0,012 et à une variation relative d'environ 0,025 pour 100. La moyenne arithmétique des valeurs obtenues pour R est 47,062.

Telle est donc la valeur que l'application de la méthode considérée à des résultats expérimentaux qui ont reçu la consécration internationale, conduit à attribuer pour l'eau à la constante des gaz parfaits.

Rappelons qu'à chacune des valeurs du volume spécifique v qui ont servi à cette détermination, la *Conférence* a joint l'approximation avec laquelle elle l'estime connue; cette approximation est d'environ un millième pour les faibles pressions. Nous supposons qu'elle tient compte des approximations avec lesquelles ont été elles-mêmes déterminées les quantités p et T et qui ne sont pas précisées dans la table réduite. Quoi qu'il en soit, l'utilisation d'une faible partie de la tolérance sur le volume spécifique v suffirait à maintenir rigoureusement constante la valeur du rapport R.

ÉLECTRICITÉ. — *Galvanomètre à réponse logarithmique.* Note (1) de M. **Yves Le Grand**, présentée par M. Charles Fabry.

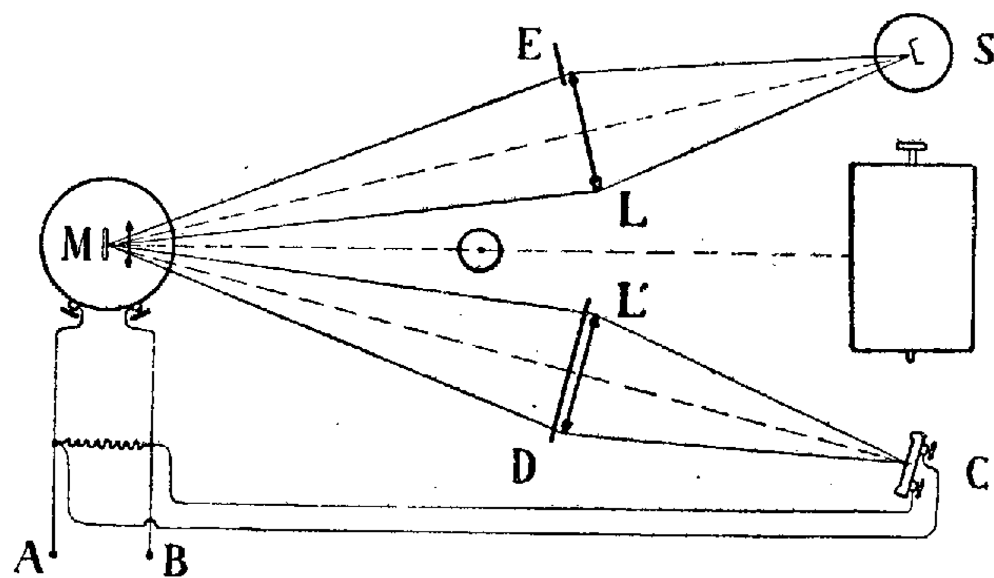
L'enregistrement photographique du spot d'un galvanomètre est fréquemment utilisé pour l'étude des phénomènes variables. Les ordonnées de la courbe obtenue sont à peu près proportionnelles aux intensités du courant que l'on veut enregistrer; c'est parfois incommode : une fonction linéaire du logarithme de l'intensité conviendrait mieux. On peut réaliser un tel enregistreur à réponse logarithmique par des combinaisons de lampes électroniques, comme divers auteurs l'ont proposé; on peut aussi, plus simplement, superposer au courant étudié un courant plus faible, de sens contraire, dont l'intensité soit une fonction croissante de la déviation du galvanomètre; pour produire ce courant supplémentaire, on éclaire une cellule photoélectrique à couche d'arrêt par un faisceau lumineux qui se réfléchit sur le miroir du galvanomètre, puis traverse un diaphragme convenablement découpé.

Dans le dispositif réalisé, la source lumineuse S est une lampe à ruban de tungstène fonctionnant sous un régime bien constant; l'image du filament est projetée sur le miroir M du galvanomètre par la lentille L, puis sur la cellule C par la lentille L'; les plans L et L' sont conjugués par rap-

---

(1) Séance du 27 juin 1938.

port au système optique constitué par le miroir M et la lentille fixe placée devant ce miroir. Contre L est fixé un écran E à bord rectiligne, et contre L′ un diaphragme D dont l'ouverture varie exponentiellement d'un bord à



l'autre (plus exactement, comme une exponentielle diminuée d'une constante). Lorsque le miroir M tourne, ce diaphragme se remplit progressivement de lumière; il est entièrement éclairé pour la déviation maximum que peut enregistrer le tambour.

Le courant étudié arrive par les bornes A et B. La résistance du circuit extérieur ainsi que celle de la cellule C sont grandes par rapport au shunt du galvanomètre. Dans ces conditions les courants superposent simplement leurs effets, qui sont de sens contraires. Quand le courant étudié est très petit, la déviation reste linéaire; puis l'image de L commence à envahir le diaphragme, et la loi devient logarithmique.

Toute autre loi de déviation peut s'obtenir par un choix convenable du diaphragme. En particulier, ce dispositif pourrait s'utiliser dans les microphotomètres enregistreurs (²) pour tracer directement des courbes d'intensité; on calculerait le diaphragme au moyen de la courbe de noircissement des plaques.

(²) Un dispositif analogue, mais plus compliqué, a été décrit récemment par M. Minnaert et J. Houtgast (*Zeitschrift für Astrophysik*, 15, 1938, p. 354).

OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES. — *Sur l'absorption d'énergie des courants de haute fréquence dans les tubes de Geissler.* Note ([1]) de M. **Vasile P. Mihu**, présentée par M. Aimé Cotton.

M. Th. V. Ionesco et Mme Irène Mihul ont fait l'observation suivante ([2]) : un tube de Geissler dans lequel passe une décharge continue se trouve dans l'axe d'une spire qui fait partie d'un résonateur. Ce dernier est accordé avec un oscillateur à haute fréquence. La spire du résonateur est coupée par une soudure thermoélectrique. L'intensité du courant dans le résonateur varie en fonction de l'intensité du courant qui passe dans le tube de Geissler. Elle présente des maxima et des minima très accusés si la colonne négative de la décharge se trouve dans la spire du résonateur.

Je me suis proposé de reprendre cette étude et j'ai étudié systématiquement l'absorption d'énergie, le gaz du tube étant l'air, en fonction de variables suivantes :

a. La pression dans le tube (j'ai fait l'étude pour les pressions suivantes : 0,10, 0,12, 0,17, 0,3, 0,57 mm/Hg).

b. La position du résonateur par rapport aux électrodes (j'ai étudié la colonne négative aussi bien que la colonne positive).

Les distances du milieu de la bobine du résonateur aux électrodes ont été de 4,15 et 27^{cm}.

c. La période du courant de haute fréquence qui passe dans le résonateur. (J'ai employé des fréquences qui correspondent aux longueurs d'onde suivantes 255^{cm}, 389^{cm}, 542^{cm}, 790^{cm}, 1078^{cm} et 2250^{cm}.)

La méthode de travail a été celle employée dans le travail mentionné ci-dessus avec quelques modifications de détail.

Le tube de Geissler avait 83^{cm} de longueur et $3^{cm},9$ de diamètre. Le diamètre des électrodes était de $3^{cm},4$. Le vide dans le tube était fait par une pompe à vapeur de mercure et la canalisation du vide était desséchée par P_2O_5. L'alimentation de ce tube était faite au moyen d'un redresseur. La tension donnée par le redresseur était de 1500 volts. L'intensité du courant qui passait dans le tube de Geissler pouvait être réglée par le chauffage des kénotrons.

([1]) Séance du 27 juin 1938.

([2]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1008.

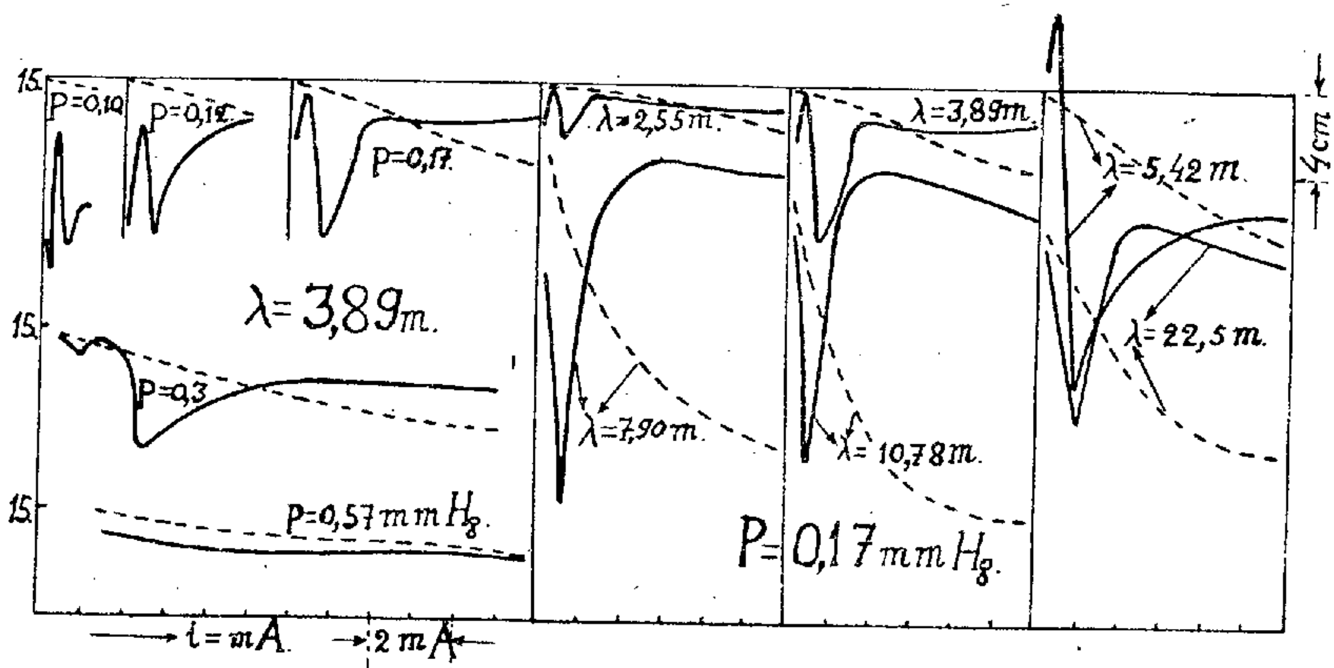
Le résonateur comprenait les organes suivants :

1° Un condensateur formé de deux lames parallèles ($13^{cm},4 \times 1^{cm},34$); la distance entre les plaques était de $1^{cm},67$. Entre celles-ci glissait une lame de verre qui permettait l'accord précis du résonateur avec l'oscillateur;

2° Des bobines de self qui avaient toutes 7^{cm} de diamètre et un nombre de spires qui variait avec la fréquence employée (1, 2, 3, 5, 7 et 17).

Le résonateur et l'oscillateur étaient couplés électrostatiquement.

Nous donnons ci-dessous une partie des courbes qui représentent les résultats de nos mesures. Les variations du galvanomètre sont en ordonnées. Le point 15 correspond à la déviation du galvanomètre, quand il n'y a pas de décharge dans le tube et la déviation maxima a été toujours à peu



près de 15^{cm}. Le courant qui passe dans le galvanomètre est fonction de l'intensité du courant dans le résonateur.

En abscisses sont portées les intensités du courant qui passe dans le tube. Les courbes en traits pleins donnent la variation d'énergie du résonateur pour la colonne négative, tandis que les courbes en pointillé montrent la même variation pour la colonne positive.

Les cinq premières courbes se rapportent à la même longueur d'onde (λ 389^{cm}), et aux pressions marquées sur les courbes.

Le résonateur était à 15^{cm} de distance par rapport aux électrodes.

Les six autres courbes donnent pour la même distance et pour une pression égale à 0,17 mm Hg les absorptions pour des longueurs d'onde marquées sur les courbes.

Toutes les mesures faites montrent de puissantes absorptions d'énergie

dans la colonne négative indiquées par les minima des courbes. *La position de ces minima dépend, pour la même pression, de celle du résonateur. Elles se rapprochent de l'origine des coordonnées lorsque le résonateur se rapproche de la cathode.*

Pour une même pression dans le tube et pour une même position du résonateur les positions des minima varient très peu en fonction de la longueur d'onde.

Il se peut que cette petite variation soit due à l'incertitude de la lecture des pressions; en effet *les positions des minima s'éloignent très vite quand la pression augmente.*

Dans la colonne positive l'absorption augmente en même temps que l'intensité du courant et la longueur d'onde employée. Elle varie peu avec la position du résonateur. Elle diminue quand la pression croît. Rarement on observe dans la colonne positive de très faibles absorptions analogues à celles constatées dans la colonne négative.

L'absorption dans la colonne positive indique surtout la présence des électrons libres, tandis que dans la colonne négative il faut admettre la présence en très grand nombre d'ions négatifs qui possèdent des périodes propres de vibration.

OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES. — *Nouvelles observations sur les oscillateurs à gaz ionisé dans le champ magnétique.* Note (¹) de M. **Théodore V. Ionescu**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai montré (²) que si un anneau métallique se trouve dans un tube de verre entre une plaque et une grille, ou entre deux plaques en aluminium, de puissantes oscillations peuvent être produites si le tube est placé dans un champ magnétique parallèle à l'axe qui passe par le centre des trois électrodes. Le potentiel de l'anneau doit être positif par rapport aux plaques et plus grand que 1000 volts. La pression varie entre 10^{-4} et 5.10^{-2} mm Hg.

Les observations que je vais résumer ci-après se rapportent soit aux montages qui permettent d'obtenir les oscillations, soit aux phénomènes rencontrés pendant le fonctionnement de cet oscillateur.

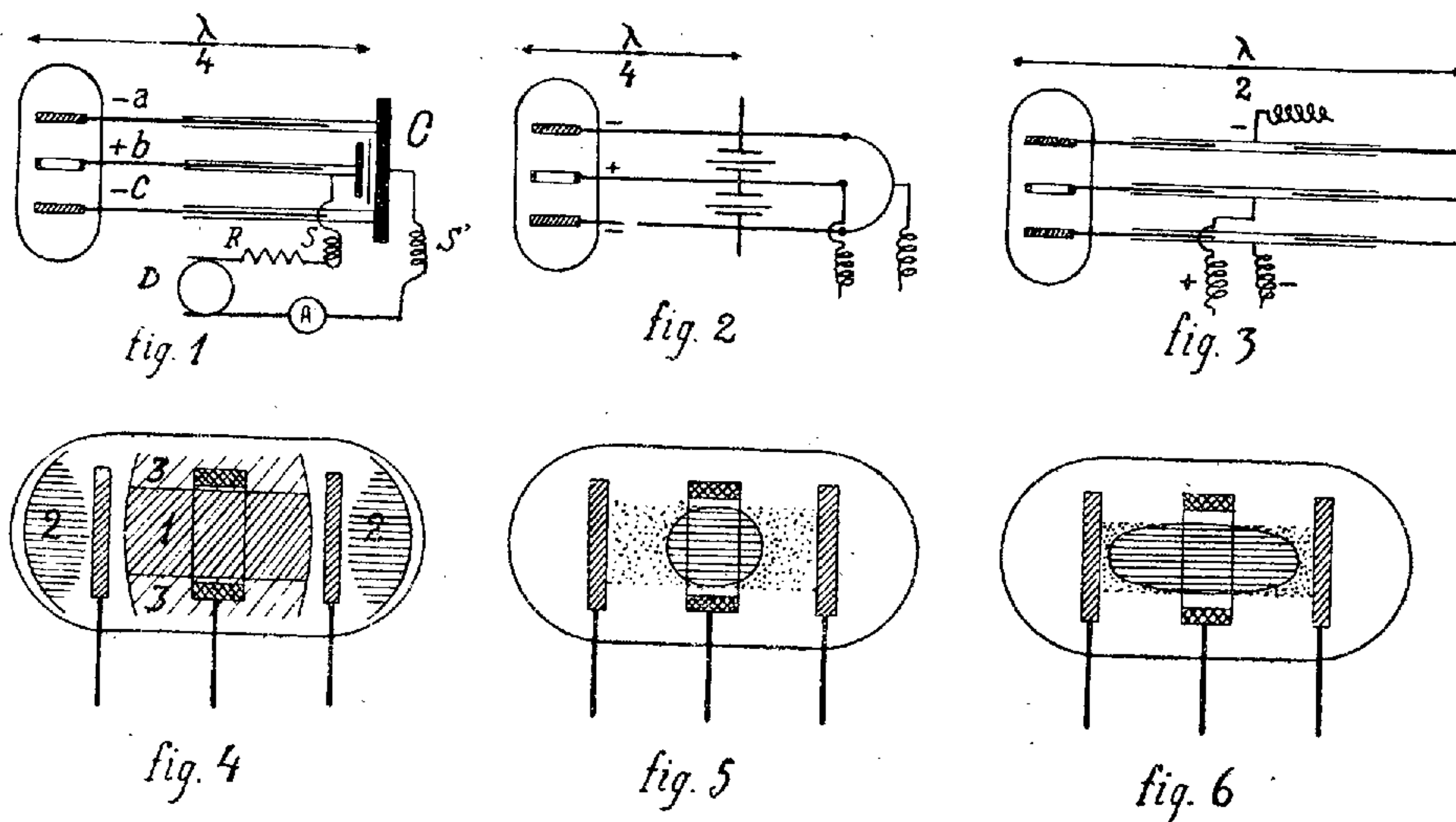
(¹) Séance du 27 juin 1938.

(²) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1842, et **204**, 1937, p. 1411.

Les figures 1, 2 et 3 montrent trois montages différents.

Dans le premier, les tiges en cuivre a, b, c coulissent dans les tubes a', b', c'; C est un condensateur formé par deux rondelles de laiton séparées par une épaisse feuille de mica; s_1, s_2 sont des bobines de choc, R une résistance de $2.10^4\,\Omega$ et D une dynamo.

Avec ce montage pour des pressions plus grandes que 8.10^{-2} mm Hg on obtient des fréquences qui correspondent à la longueur d'onde donnée par



la formule suivante, où d représente la distance entre les plaques :

$$\lambda_c = \frac{c \times 2d}{\sqrt{2\frac{Ve}{m}}} \simeq \frac{1000d}{\sqrt{V}}.$$

Le champ magnétique doit avoir une valeur bien définié. S'il augmente, les oscillations disparaissent pour apparaître de nouveau plus faibles.

Dans le tableau ci-dessous, se rapportant à un tube rempli d'hydrogène sous la pression de $2,5.10^{-2}$ mm Hg, sont donnés : le potentiel de l'anneau V, les intensités i_1, i_2 en ampères du courant continu qui passe dans le tube, les valeurs du champ H_1, H_2. λ_e est la longueur d'onde en centimètres observée et λ_c la longueur d'onde calculée :

V.	i_1.	H_1.	i_2.	H_2.	λ_e.	λ_c.
1600...........	0,03	72	0,06	90	144	133
2400...........	0,08	78	0,12	114	116	109

J'ai calculé ([3]) que, dans un gaz ionisé, on peut avoir, pour un champ H, deux fréquences de vibration $\omega_i/2\pi$ et $\omega_2/2\pi$.

Dans le cas présent la fréquence reste constante; elle est imposée par la durée de passage des électrons entre les plaques et H prend deux valeurs distinctes H_1 et H_2. Pour une fréquence donnée il y a donc deux paires de valeurs (H, ω_0) pour lesquelles l'oscillateur fonctionne dans les meilleures conditions.

Pour des pressions comprises entre 8.10^{-3} et 5.10^{-2} mm Hg, l'aspect du tube est celui représenté par la figure 4. Entre les plaques et à l'intérieur de l'anneau il y a un cylindre de gaz ionisé (1) très lumineux, dont les bouts sont bien nets. Si la position de C est telle que les oscillations soient puissantes, apparaissent alors les régions lumineuses (2).

Pour de très fortes intensités d'oscillation apparaît un autre cylindre (3) extérieur à l'anneau, coloré comme (2), de même longueur que le premier.

J'ai observé ces changements pour des valeurs de d comprises entre 3 et 10^{cm} et de V entre 1000 et 2400 volts. La formule $\lambda_c = 1000 d/\sqrt{V}$ a été assez bien vérifiée. Pour la deuxième valeur de H le cylindre intérieur touche presque les plaques et son éclat augmente. Pour des pressions de l'ordre de 10^{-3} mm Hg on peut, avec le premier montage, obtenir des vibrations de très courte longueur d'onde. Avec un tube où $d = 5^{cm}$, $p = 2.10^{-4}$ mm Hg, V = 2200 et H 180, λ_c a été 12^{cm}.

Pour ces pressions l'aspect du tube est donné par les figures 5 et 6.

Sur la figure 5 on voit la petite sphère lumineuse (1) baignée dans une région faiblement lumineuse comprise entre les plaques.

Si le condensateur passe par les positions de résonance (λ_c 12^{cm}), la sphère devient un ellipsoïde (*fig.* 6) et le courant augmente brusquement.

Avec le deuxième montage (*fig.* 2), formé par un pont triple et par deux condensateurs c_1 et c_2 mobiles, on obtient des fréquences trois fois plus grandes que celles données par $\lambda_c = 1000 d/\sqrt{V}$. La pression était comprise entre 10^{-2} et 5.10^{-2} mm Hg. L'aspect du tube a été celui décrit précédemment pour les mêmes pressions. J'ai obtenu avec ce montage λ_c 26^{cm}.

Le montage (*fig.* 3) donne les fréquences qui correspondent à $\lambda_c = 1000 d/\sqrt{V}$.

Dans toutes ces expériences le diamètre des plaques et celui de l'anneau ont été de 2,5 et 3^{cm}; le diamètre du tube en verre a été de 4 à 5^{cm}; la

---

([3]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 57.

largeur de l'anneau 1^{cm}. Pour les oscillations fortes l'anneau (en nickel) était porté au rouge. Le nickel déposé sur les plaques en aluminium gêne le fonctionnement du tube, mais ce dernier reprend ses propriétés après un lavage à l'acide azotique.

L'explication doit être rattachée à ce fait que l'oxyde d'aluminium émet plus d'électrons secondaires que le nickel pur déposé sur les plaques. Ces électrons jouent donc un grand rôle dans le fonctionnement de l'oscillateur.

IONISATION. — *Dispositif permettant d'améliorer le fonctionnement des sélecteurs à coïncidences multiples*. Note de M. **Serge Gorodetzky**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Dans les recherches concernant les particules ionisantes pénétrantes on se sert des sélecteurs à coïncidences, soit pour étudier les phénomènes dans un angle solide déterminé (collimation), soit encore pour étudier les gerbes. Ces recherches sont délicates et les résultats quantitatifs parfois incertains, du fait de la difficulté même du sujet et aussi sans doute du fait des imperfections des appareils sélecteurs employés.

Il a paru utile de signaler certaines imperfections pour ainsi dire systématiques, et que l'on rencontre dans un grand nombre d'appareils décrits, et d'indiquer un dispositif permettant de les éviter.

On a montré (¹) comment on pouvait donner une théorie générale du fonctionnement des sélecteurs. Cette théorie considère les tubes électroniques de coïncidences débitant dans une résistance commune. Il faut que cette résistance soit purement *ohmique*. Tout effet de capacité ou de self-induction doit être négligeable. Sinon le fonctionnement dépend de la forme particulière de l'impulsion. La théorie devient inextricable.

L'expérience montre de plus que l'on se trouve alors dans des conditions de fonctionnement moins bonnes. Lorsque l'on cherche à transmettre l'impulsion de coïncidence au tube électronique T suivant, on est forcé de mettre en dérivation sur la résistance ohmique que l'on vient de considérer le réseau formé du tube, de sa résistance de grille, et de la capacité de liaison.

Il semble que jusqu'ici on se soit peu préoccupé de rendre cette dérivation négligeable, sauf peut-être en ce qui concerne la résistance de

(¹) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 900.

grille et la capacité de liaison. (Il faut que la résistance de plaque soit relativement faible, la capacité de liaison grande, et la résistance de grille élévée.)

Il y a lieu de signaler l'effet du tube électronique. — On admet généralement qu'un tel tube a une très haute impédance d'entrée. En réalité ceci n'est vrai que pour des impulsions faibles ou moyennes. Mais la théorie prévoit et l'expérience confirme que l'impulsion à transmettre est très grande (le plus souvent supérieure à 100 volts).

Dans ces conditions, à cause du courant de grille, le tube met littéralement en court-circuit la résistance grille et fait intervenir la capacité de liaison.

On travaille dans des conditions théoriquement mauvaises. On constate en effet à l'oscillographe cathodique que l'appareil a perdu de ses qualités. Le *pouvoir discriminatoire* baisse : c'est-à-dire que l'on prend pour des impulsions de coïncidence un certain nombre d'impulsions partielles. Le *pouvoir séparateur* diminue du fait de l'élargissement considérable des impulsions : le nombre des coïncidences fortuites augmente. Les résultats expérimentaux peuvent être faussés.

Dans le montage correct la résistance de grille sera remplacée par un potentiomètre. L'impulsion totale sera toujours appliquée aux bornes extrêmes, mais, par la borne centrale, on n'en transmettra qu'un dixième environ à la grille. On se trouve alors dans les conditions théoriques les meilleures. L'étude expérimentale à l'oscillographe cathodique confirme entièrement ces vues. L'amélioration pratique obtenue est considérable.

MAGNÉTISME. — *Contribution magnétique des constituants de l'hydroxyde ferrique évolué en milieu alcalin.* Note (¹) de M. **Raymond Chevallier** et Mlle **Suzanne Mathieu**, présentée par M. Marcel Brillouin.

L'hydroxyde ferrique évolue spontanément en milieu alcalin. Sa teinte, initialement brune, jaunit peu à peu et ses propriétés magnétiques croissent avec le temps suivant une loi étudiée dans une Note récente. Les diagrammes X montrent la formation de gœthite, α-$Fe^2O^3.H^2O$, et une attaque par l'acide azotique permet d'isoler cette substance sous forme d'un résidu jaune. Nous nous proposons ici de déterminer la part de la

(¹) Séance du 27 juin 1938.

gœthite et de l'hydroxyde soluble dans les propriétés magnétiques de l'hydroxyde complexe, en nous limitant à l'évolution en milieu alcalin. Nous avons préparé dans ce but deux substances laissées un temps t dans la solution basique, puis soigneusement lavées. Voici leurs constantes dans l'ordre habituel $[(OH^\cdot)-(Fe''')(n)T^\circ C.t]$,

N° 49 [3,8–0,9 (6) 18°.40 jours]. N° 56 [2,7–0,9 (6) 18°.6 jours].

L'hydroxyde 49 a été lévigé et séparé en trois fractions notées 1, 2 et 9 par finesse croissante. Dans cette Note comme dans les précédentes χ est toujours rapporté à 1g de Fe^2O^3.

Nous avons fixé d'abord les propriétés de la gœthite. Les échantillons, humides ou secs, extraits de 49 et de 56, se sont montrés magnétiquement identiques, avec un χ' moyen donné par $10^6\chi'=40,7$. Les nombres des divers auteurs compris entre 35 et 45 encadrent cette valeur. En second lieu, une solution d'azotate ferrique cristallisé a fourni un coefficient $10^6\chi''=174$, indépendant de la concentration.

Ces constantes déterminées, mesurons magnétiquement l'hydroxyde complexe. Soit χ_1 son coefficient d'aimantation. Introduisons, dans le tube même de la mesure, de l'acide azotique de concentration (H') en ions-grammes par litre. La déviation magnétique décroît rapidement et tend vers une limite correspondant à un coefficient d'aimantation moyen χ_2. Le milieu est alors constitué de gœthite et d'une solution d'azotate, de coefficients χ' et χ''. L'acide libre n'intervient, comme l'eau et le verre, qu'à titre de correction. On dilue la solution et l'on filtre; une analyse facile fournit, pour 1g de Fe^2O^3 total, la fraction x insoluble et $(1-x)$ soluble. On en déduit

(1) $$\chi_{2\,\text{calc}}=x\chi'+(1-x)\chi'',$$

valeur que l'on peut comparer à χ_2 mesuré, pour éprouver nos hypothèses. Admettons maintenant que, dans l'hydroxyde complexe, la même masse de gœthite soit libre et apporte la même contribution $x\chi'$, désignons par χ''' le coefficient d'aimantation de l'hydroxyde soluble, il vient

(2) $$\chi_{1\,\text{mes}}=x\chi'+(1-x)\chi''',$$

équation qui fournit χ'''. Les résultats sont groupés dans le tableau ci-après :

Hydroxyde N°....	49.1	49.1	49.1	49.1	49.2	49.2	49.9	56.4	56.6
Hydroxyde État...	humide.	h.	chauffé 3 h. à 100°.	sec.	h.	h.	h.	h.	chauffé 9 h. à 100°.
(H')	4	13	6	4	4	13	4	4	4
$100x$	61,2	60,0	70,3	62,4	68,0	65,4	68,9	7,6	14,5
$10^6\,\chi_1$ mes	442	450	405	423	389	398	342	400	655
$10^6\,\chi_2$ mes	91,7	95,6	75,4	95	90	90	89,1	167	163
$10^6\,\chi_2$ calc	92,5	94,6	80,4	90,8	83,4	86,8	82,1	164,1	155
$10^6\,\chi'''$	1075	1055	1270	1060	1125	1070	1010	430	760

1° La proportion x de Fe^2O^3 insoluble (gœthite) est indépendante de la concentration de l'acide azotique utilisé pour l'attaque, de l'excès de cet acide et du temps pendant lequel la dissolution se poursuit. Cette variable est donc bien définie pour un hydroxyde complexe donné.

2° Elle varie largement avec la préparation de l'hydroxyde. Nous en avons deux exemples extrêmes avec 49 et 56. On notera que malgré cette différence de constitution, ces substances ont même coefficient $10^6\chi_1 = 400$ à 450 : c'est le maximum de la courbe A (*fig.* 1) de la Note précédente. Chaque hydroxyde est lui-même hétérogène, une simple lévigation le montre; les fractions les plus fines (49.2, 49.9) sont les plus riches en gœthite.

3° Les valeurs de χ_2 mesurées, et calculées, ne diffèrent pas en général de plus de 1/20e pour les hydroxydes non chauffés, accord satisfaisant étant donnée la précision. Cela confirme la constance de la gœthite et montre que l'azotate formé est identique magnétiquement à l'azotate cristallisé courant, malgré la haute susceptibilité de l'hydroxyde dont il dérive.

4° Le haut coefficient χ''' de l'hydroxyde soluble est constant pour les diverses fractions de 49, ce qui confirme que 49 est un mélange de cet hydroxyde et de gœthite, cette dernière substance préexistant à l'attaque par l'acide. Mais de 49 à 56, χ''' varie de plus du double.

5° Un chauffage prolongé à 100° dans l'eau pure, augmente la proportion de gœthite et fait croître χ'''. La solution azotique fraîche est alors rouge et plus magnétique que l'azotate. Elle se décolore en 10 heures, en passant par le jaune et tend vers la valeur normale de χ''. Dans le premier stade il se forme sans doute une solution colloïdale, comme Péan de Saint-Gilles l'observa jadis.

En résumé, dans l'évolution en milieu alcalin, il se fait simultanément de la gœthite peu magnétique et un hydroxyde dont la haute susceptibilité croît avec le temps. Des expériences en cours fixeront si ce magnétisme élevé appartient à l'hydroxyde même ou à une trace d'un Fe^2O^3 ferroma-

gnétique formé au cours de l'évolution. Déjà, en fractionnant l'attaque de 56.6, nous avons pu montrer que deux fractions égales présentaient des coefficients $10^6 \chi''' = 1000$ et 500 (1000 pour la plus soluble), ce qui permet d'affirmer l'hétérogénéité de la partie soluble de cet hydroxyde complexe.

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE. — *Réglages et mesures à l'aide d'images obtenues par réflexions multiples*. Note de M. **Amédée Guillet**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. L'association des symétries relatives au plan et au point, qui interviennent dans la construction des images obtenues par réflexions multiples, donne à ces images des propriétés qui les rendent susceptibles d'applications. En particulier, on peut les utiliser lorsqu'il s'agit de faire optiquement des mesures et des contrôles d'ajustage avec la précision rendue nécessaire par les progrès de la construction mécanique.

Considérons le cas très simple des images du premier ordre, obtenues par double réflexion à l'aide d'un système formé de deux miroirs. Prenons l'un de ces miroirs sphérique S, d'axe principal SO, de rayon $SO = R$ et de demi-hauteur h; l'autre, plan, M. Admettons encore que les axes de S et de M, indiquant par leur sens vers quelle région de l'espace les miroirs correspondants réfléchissent la lumière qu'ils reçoivent, soient orientés à angle droit.

L'observation a lieu dans le plan P, mené par O perpendiculairement à SO, et pour un point d'émission de lumière A, situé à la distance $OA = z$ de O; le plan de symétrie SOA de MS est désigné par Q et la distance du centre O de S au miroir M par ε. On prendra Q comme plan de figure pour la construction de la marche des rayons et P pour celle des images (on suit plus aisément la manipulation en disposant verticalement ces plans). Enfin, N est le plan formant avec P et Q un trièdre trirectangle de sommet O.

La longueur opérante maximum $S\alpha = x_0$ du miroir M, supposé en coïncidence avec N, est, suivant SO, $x_0 = hR/(h+z)$. En abaissant M de ε, cette longueur devient $x = x_0 + \varepsilon R/(h+z)$. Si le miroir M est de longueur $l < x$, on le placera le long de $S\alpha$, dans la position la plus avantageuse pour l'observation à faire.

L'amenée préalable du point A dans le plan du centre P est une opération délicate mais courante; elle consiste à faire apparaître dans ce *même*

plan P, l'image A_S de A donnée par le miroir S. Le centre invisible O de S est alors le milieu du segment AA_S. Selon les cas, j'ai utilisé comme objet A, une fente, un réticule (rectiligne ou circulaire) ou un micromètre à fines divisions, toujours réglable en position.

Rien n'est plus facile ensuite, par emploi des images d'ordre supérieur du premier groupe du système MS, d'établir la coïncidence des plans réel M et idéal N. On voit, en effet, en supposant ce problème résolu, que le groupe des images A_{SM}, A_{MS} se présente comme une image unique qui est de plus en coïncidence avec A. C'est là un résultat que les organes de réglage, dont il faut pourvoir la monture de M, permettent de réaliser rapidement. Le plan M contient alors l'axe SO de S.

Si, à partir de cette position, pour laquelle $\varepsilon = 0$, le miroir M reçoit une translation ε vers le bas, l'image A_{SM} s'écarte de A en se déplaçant *dans le même sens que* M et de 2ε; en même temps, l'image A_{MS} se déplace aussi de 2ε, mais dans le *sens contraire à celui du miroir*, de façon qu'en fait les points A_{SM} et A_{MS} s'écartent de 4ε. Le système des images A_{SM} et A_{MS} se déplace donc dans le plan P à la façon des pointes d'un compas en présentant un écartement 4ε. D'où la possibilité de certaines mesures.

II. Avec une fente (un fil réticulaire ou un trait) perpendiculaire au plan Q dont le milieu A est dans ce plan, les images ponctuelles sont remplacées par des images linéaires perpendiculaires au plan Q de milieux A_{SM}, A_{MS}, ... Ces images A_{SM}, A_{MS} présentent les particularités suivantes à prendre en considération dans les applications interférométriques. Pour $\varepsilon = 0$ et une fente A, l'image A_S (symétrie par rapport à un point) est inversée par rapport à A, alors que l'image A_M (symétrie par rapport à un plan) ne l'est pas.

Or, pour passer de A_S, A_M au système des images A_{SM}, A_{MS}, c'est-à-dire au premier groupe d'images d'ordre supérieur de MS, il faut répéter les opérations précédentes en sens inverse; l'identité d'orientation entre A_{SM} et A_{MS} se trouve alors rétablie, mais en opposition avec celle de A. Ainsi, aux points coïncidants de A_{SM}, A_{MS} passent des faisceaux lumineux provenant d'un même point A de la fente, et l'écart des images A_{SM}, A_{MS} des fentes est de 4ε pour une translation ε de M. La nature des images A_{SM}, A_{MS} dépend d'autre part de z et de ε.

Si le plan M subissait une inclinaison par rotation autour de SO, les images A_{SM}, A_{MS} resteraient en coïncidence, mais s'orienteraient dans une direction commune en tournant d'un angle $\pi - 2\Theta$ dans un sens opposé à la rotation de M. Une translation ε de M déterminerait alors de telles

translations opposées 2ε de A_{SM} et de A_{MS}, sans modification de l'orientation.

Il est à remarquer que le système MS ne modifie en rien le grandissement des objets dont on observe les images.

III. Au point de vue technique, j'indiquerai seulement qu'un miroir sphérique, même de la dimension de ceux qui servent à la mesure des déviations des équipages, peut suffire; l'emploi du système équivalent à SM : lentille convergente avec miroir plan adossé, m'a donné de bons résultats. Comme toujours en optique les supports doivent être ici rigides et fixes, et les organes de réglage jouer avec perfection. Pour la comparaison de déplacements de niveau, on peut prendre comme support un trépied invariablement lié à AS, formé de trois billes d'acier.

On adaptera sans peine les résultats de la théorie à chaque cas particulier à traiter : déplacement d'une surface parallèlement à elle-même, déplacement d'une surface plane avec changement d'orientation, différences d'épaisseurs, emploi de franges d'interférence etc.

SPECTROSCOPIE. — *Absorption de la lumière par la basse atmosphère*. Note de Mme **Arlette Vassy** et M. **Étienne Vassy**, présentée par M. Charles Fabry.

Au cours de notre séjour à Ifrane (Maroc), une première partie de notre travail a consisté à déterminer la densité optique de l'atmosphère voisine du sol, suivant la méthode décrite précédemment (1). Les nuits pendant lesquelles ont été effectuées ces mesures ont été choisies pendant les périodes de calme atmosphérique et parmi celles qui, visuellement, paraissaient les plus pures.

Nous avons obtenu, pour 9 nuits échelonnées entre le 17 juillet et le 11 septembre, les courbes donnant en fonction de la longueur d'onde la densité optique d'un kilomètre d'air ramené aux conditions normales de température et de pression. Nous avons pu classer ces 9 courbes en deux familles. Parmi les 5 courbes qui constituent la première famille, la courbe de la nuit du 11 septembre est celle où la basse atmosphère a été la plus transparente; pour les 4 autres nuits, la courbe peut, ainsi que nous le

(1) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1893.

montrerons plus loin, se déduire de celle du 11 septembre en ajoutant pour toutes les longueurs d'onde une densité constante.

Comme il ne nous est pas possible de donner ici les résultats numériques, nous nous bornerons aux conclusions suivantes.

Les courbes mettent en évidence l'importance de l'absorption propre des gaz constituant l'atmosphère, absorption qui se manifeste sous la forme de bandes (non résolues étant donnée la dispersion de notre spectrographe). Elles sont dues :

1° à la vapeur d'eau; ces bandes s'étendent sur de larges intervalles spectraux et présentent des maxima pour les longueurs d'onde suivantes : 8230 (Z); 7200 (*a*); 6560; 5950-5900 (bandes de la pluie);

2° à l'oxygène, molécule neutre O^2 ou molécule double O^2-O^2 [le groupe de bandes relatif à O^4 a été récemment étudié en détail par Salow et Steiner (²) et serait dû dans le cas des gaz surtout à l'association transitoire de deux molécules pendant leur choc]; bandes 7600 (A); 6890 (B); 6300; 5772; 5323; 4774; 4464; 3607. A 2800 Å commence le système de Herzberg, découvert précédemment (³) dans l'atmosphère. Les bandes attribuées à la molécule O^4 variant comme le carré de la pression, nous aurons l'occasion d'y revenir lors de la comparaison avec l'absorption par l'atmosphère au zénith.

3° à l'ozone; c'est la grande bande de Hartley dont l'absorption se manifeste dans la basse atmosphère à partir de 3300 Å et vient se superposer aux bandes de Herzberg de l'oxygène. Comme on doit s'y attendre, les bandes de Chappuis n'apparaissent pas.

Malgré l'importance relative de l'absorption propre des gaz ci-dessus, il est possible d'en faire la part en se servant des quelques régions où il n'y a pas de bandes. La façon qui nous paraît la meilleure de représenter l'absorption résiduelle est d'admettre qu'elle est due à la diffusion moléculaire suivant la formule de Rayleigh-Cabannes, absorption à laquelle viendrait se superposer une absorption constante indépendante de la longueur d'onde. Les valeurs de ce terme constant pour 1^{km} d'air dans les conditions normales sont pour la nuit du

11 septembre.	17 juillet.	30 juillet.	30 août.	3 août.
0,009	0,011	0,020	0,031	0,035

(²) *Zeits. für Physik*, 99, 1936, p. 137.
(³) CHALONGE et VASSY, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1318.

Cette absorption constante peut s'expliquer par la présence de particules suffisamment grosses pour absorber la lumière d'une façon non sélective.

Quant à la deuxième famille de courbes comprenant les nuits du 29 août, 1er septembre, 4 septembre, 5 septembre, elles possèdent à la fois les caractéristiques suivantes :

1° densités notablement plus grandes;

2° importance très accrue des bandes de la vapeur d'eau;

3° l'absorption ne paraît pas pouvoir s'expliquer par la superposition d'une absorption de densité constante à l'absorption par diffusion moléculaire.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Adsorption et gonflement de l'α-cellulose.* Note de Mme **Juliette Gavoret**.

La méthode de mesure des conductibilités électriques, qui a permis la vérification de la valeur du point isoélectrique de la cellulose [1], a été appliquée à l'α-cellulose.

Nous nous sommes bornée ici à étudier la résistance de solutions tampons très diluées, avant et après passage sur un poids constant d'α-cellulose soigneusement purifiée au préalable. Simultanément des mesures de pH ont été effectuées pour en déceler les variations éventuelles. La précision de cette méthode nous assure une erreur relative de 1,2 pour 100.

Nous avons étudié des α-celluloses d'origines différentes, extraites selon les méthodes classiques [2], et provenant l'une de la cellulose du coton, l'autre de la cellulose du bois.

Elles présentent toutes deux un même seuil d'adsorption à pH = 4,5 environ. Pour les valeurs supérieures du pH, l'accroissement relatif de la résistance initiale R_1, après passage sur l'α-cellulose, augmente brusquement. Ce phénomène s'accompagne d'une diminution très nette du pH.

---

(1) Mme J. Gavoret-Hansot, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1643; 195, 1932, p. 349; 206, 1938, p. 1299.

(2) C. F. Cross et E. J. Bevan, *J. Chem. Soc.*, 113, 1918, p. 182; M. W. Bray et T. M. Andrews, *Ind. Eng. Chem.*, 15, 1923, p. 377.

Voici quelques chiffres significatifs. Le tableau I se rapporte à l'α-cellulose d'une pâte à papier Voiron (sapin de Scandinavie), blanchie au bisulfite, le tableau II à l'α-cellulose du coton hydrophile chirurgical.

TABLEAU I.

pH	1,4.	1,8.	2,8.	4,2.	4,4.	4,7.	5.	5,4.	5,6.	7,2.
Δ pH	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0,8	0,8	1
ΔR_1 pour 100	3	0	6	0	0	7	8	12	23	63

TABLEAU II.

pH	2,8.	4,4.	4,6.	4,8.	6.
Δ pH	0	0	0,3	0,3	1,2
ΔR_1 pour 100	4	6	8	11	23

L'augmentation de résistance, accompagnée d'une baisse de pH, indiquerait une adsorption du cation sous forme d'hydroxyde. D'autre part, et d'après les chiffres précédents, il ne semble pas que l'α-cellulose présente un gonflement en eau, variable avec le pH.

Ces expériences sur des α-celluloses provenant du bois et du coton confirment l'identité présumée ([3]) des celluloses d'origines diverses dans la nature.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la densité-limite des gaz* O^2 *et* CO^2. *Poids atomique du carbone.* Note ([1]) de MM. **Enrique Moles** et **Antonio Escribano**, présentée par M. Auguste Béhal.

L'un de nous a insisté ([2]) sur le fait que, parmi les différentes méthodes physicochimiques proposées pour la détermination des poids moléculaires des gaz, seule la méthode des densités-limites de D. Berthelot ([3]) pouvait (sous la forme la plus simple et logique) fournir des résultats d'une précision suffisante.

Dans la réalisation pratique de cette méthode nous avons fait, en premier

([3]) R. O. Herzog et W. Jancke, *Ber. d. Chem. Ges.*, 53, 1920, p, 2162; E. Heuser et E. Boedeker, *Z. angew. Chem.*, 34, 1921, p. 461; L. E. Wise et W. C. Russell, *J. Ind. Eng. Chem.*, 15, 1923, p. 815.

([1]) Séance du 13 juin 1938.

([2]) E. Moles, *Journ. Chim. Phys.*, 34, 1937, p. 51; *An. Soc. Esp. Fis. Quim.*, 35, 1937, p. 134; E. Moles et T. Toral, *Zeit. anorg. allg. Chem.*, 236, 1938, p. 225; E. Moles, *Archiv. Sc. phys. Nat. Genève*, 20, 1938, p. 59.

([3]) *Journ. Phys.*, 3, 1899, p. 273.

lieu, un étalonnage de l'appareil en déterminant la densité de l'oxygène à différentes pressions, comprises entre 1^{atm} et $0^{atm},5$; en opérant rigoureusement dans les mêmes conditions, on détermine ensuite la densité du gaz étudié. Les deux séries de valeurs ainsi obtenues donnent, par extrapolation linéaire, la valeur-limite de la densité pour $p = 0$; l'expérience a montré que, dans la limite des erreurs de mesure ($1 . 10^{-5}$), la densité normale L_p est fonction linéaire de la pression [4] (vérifié pour CO^2, N^2O, F^4Si, NH^3 et SO^2).

Nous avons effectué la détermination de la densité-limite du CO^2 en utilisant un appareil de condensation, en verre d'Iéna, refroidi à 0° (glace fondante); le volume de la jauge était 2275^{ml} et 4548^{ml}; le gaz était condensé sur du charbon actif refroidi dans l'air liquide, et pesé après son adsorption. Nous avons déterminé ainsi les densités de O^2 et CO^2 sous les pressions de 760^{mm} et 380^{mm}, et extrapolé les valeurs-limites de la densité de O^2 et de CO^2 pour $p = 0$.

Le gaz carbonique était préparé soit par pyrolyse du CO^3Na^2 sec ou du CO^3Mg^2 dans le vide; séché sur de l'acide sulfurique concentré, puis sur $(ClO^4)^2Mg$ anhydre ou sur P^2O^5. Il était ensuite purifié par sublimation fractionnée et filtration sur filtre de Schott. L'oxygène provenait de la pyrolyse de MnO^4K préalablement purifié; le gaz débarrassé de traces d'ozone par passage sur une gouttelette de mercure était ensuite purifié par KOH et desséché sur P^2O^5.

Le tableau suivant donne un résumé des résultats acquis pour L_p toutes les corrections faites

	Mesures sous 760^{mm}.			Mesures sous 380^{mm}.	
	Oxygène.	Anhydride carbonique.		Oxygène.	Anhydride carbonique.
L_p......	1,42900	1,976896	L_p......	1,42832	1,97016
	8937	95		29	1
	8963	935		28	5
	8921	94		30	3
	8952	95		28	*1
	891	*93		28	*6
	8916	*94		31	*4
	8943	"	Moyenne.	1,428294	1,970137
	8954	"			
Moyenne.	1,42894	1,976934			

[4] Voir, pour la signification de cette expression, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1726.

Les mesures marquées d'un astérisque ont été faites avec CO^2 provenant du $MgCO^3$ sec. La concordance des résultats montre que le gaz employé était très pur.

Source de CO^2.	760^{mm}.	380^{mm}.
CO^3Na^2............	1,976934	1,970139
CO^3Mg............	1,976935	1,970137

L'extrapolation linéaire des valeurs précédentes fournit pour la densité-limite les nombres suivants :

	Llim.
Oxygène..........................	1,427644
Anhydride carbonique..............	1,963340

d'où

$$PM_{CO^2} = \frac{1,963340}{1,427644} \times 32\,000 = 1,375231 \times 32 = 44,0074.$$

Le poids atomique du carbone est

$$C = 12,0074.$$

Ce résultat est pratiquement identique à celui déduit des mesures du rapport $CO : O^2$, Moles et Salazar ([5]), $C = 12,0064$ et, particulièrement, à celui du rapport $CO^2 : O^2$, Moles et Toral, soit $C = 12,0069$. La valeur la plus récente, déduite par voie physique, est $C = 12,007 \pm 0,001$ (second rapport de la Commission des Éléments).

On peut donc conclure, à l'heure actuelle, que la valeur la plus probable du poids atomique du carbone est

$$C = 12,007.$$

à une unité près de la troisième décimale.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence des électrolytes sur la viscosité d'un sol d'hydrate ferrique*. Note ([1]) de Mlle **Suzanne Thévenet**, présentée par M. Marcel Delépine.

1. On a déjà signalé ([2]) que l'introduction d'un électrolyte sous des concentrations croissantes dans un sol d'hydrate ferrique entraîne d'abord

---

([5]) *An. Soc. esp. Fis. Quim.*, **32**, 1934, p. 954.

([1]) Séance du 27 juin 1938.

([2]) D. N. Chakravarti et N. R. Dhar, *Kolloïd Zeitschr.*, **42**, 1927, p. 124.

une diminution de la viscosité qui passe par un minimum pour une certaine concentration en électrolyte et augmente ensuite de plus en plus jusqu'à ce que soit atteinte la concentration qui détermine la floculation du sol. Dans le cas des sols de sulfure d'arsenic, nous avons reconnu (³) que la courbe représentant la variation de la viscosité en fonction de la concentration dépend principalement de la valence du cathion qui constitue l'ion actif de l'électrolyte en ce qui concerne la floculation du sol. Il nous a paru intéressant de rechercher si une loi analogue s'appliquait dans le cas d'un sol d'hydrate ferrique à granules positifs pour lequel l'anion de l'électrolyte est ici l'ion actif.

2. Les expériences ont été conduites comme dans le cas du sol de sulfure d'arsenic, avec une légère complication tenant à ce que pour le sol d'hydrate ferrique, nous avons été amenée à envisager des concentrations notables d'électrolytes. Soient η'_1 et d'_1 la viscosité et la densité du sol obtenu en ajoutant 1^{cm^3} d'une solution électrolytique de concentration convenable à 10^{cm^3} du sol initial, η'_0 et d'_0 la viscosité et la densité du mélange obtenu en ajoutant 1^{cm^3} de la même solution électrolytique à 10^{cm^3} d'eau, η_1 et d_1 la viscosité et la densité du sol obtenu en ajoutant 1^{cm^3} d'eau à 10^{cm^3} du sol initial, η_0 et d_0 la viscosité et la densité de l'eau. Le quotient

$$\frac{\eta'_1}{\eta'_0} : \frac{\eta_1}{\eta_0} = \frac{t'_1}{t_1} \frac{t_0}{t'_0} \frac{d'_1}{d_1} \frac{d_0}{d'_0}$$

mesure l'influence que l'addition de l'électrolyte envisagé exerce sur la viscosité relative de la solution colloïdale par rapport au liquide intermicellaire. Pour de faibles concentrations de cet électrolyte, η'_0 est très voisin de η_0 et l'expression précédente peut se réduire à

$$\frac{\eta'_1}{\eta_1} = \frac{t'_1}{t_1}.$$

Les expériences ont été faites sur un sol d'hydrate ferrique dialysé 25 jours, contenant $35^g,7$ de O^3Fe^2 par litre, de densité à 26°, $d = 1{,}030$.

Les mesures relatives à l'action de ClK, ClNa, $ClNH^4$, Cl^2Ba, Cl^3Al, Cl^4Th n'ont pas révélé d'influence nette de la nature du cathion sur le phénomène.

Afin d'examiner l'influence des anions, nous avons comparé l'action sur

(³) A. Boutaric et S. Thévenet, *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 862.

le sol d'hydrate ferrique de divers sels de potassium. Le tableau suivant donne les résultats relatifs à ClK, SO^4K^2, PO^4K^3 et $FeCN^6K^4$.

γ.	ClK.	SO^4K^2.	γ.	PO^4K^3.	$FeCN^6K^4$.
0	1	1	0	1	1
2,38.10^{-3}N	»	0,982	0,095.10^{-3}N	»	0,999
6,35 »	»	0,950	0,3 »	»	0,974
9,52 »	0,985	0,941	0,952 »	»	1,003
11,9 »	»	0,929	1,81 »	0,987	»
15,87 »	»	0,941	2,38 »	0,971	»
47,6 »	0,939	»	4,54 »	0,978	»
95,2 »	1,015	»	9,52 »	1,016	»

La concentration qui correspond au minimum de viscosité et la valeur même de ce minimum dépendent principalement de la valence de l'anion : la concentration nécessaire pour atteindre le minimum diminue très nettement à mesure que croît la valence de l'anion; la valeur du minimum, peu différente pour les anions mono et bivalents, se relève assez nettement pour les anions trivalents et tétravalents. Nous retrouvons donc ici une loi analogue à celle relative à l'influence des cathions dans le cas du sol électronégatif de S^3As^2.

3. Dans le cas des sels à anions polyvalents comme le phosphate de potassium, le citrate de sodium, le ferrocyanure de potassium etc., pour lesquels il existe deux zones de floculation ([1]), nous avons étudié l'action des électrolytes sur la viscosité : 1° pour des concentrations plus petites que la limite inférieure a de la première zone de floculation; 2° pour des concentrations comprises entre les valeurs b et c limitant la zone de non-floculation. A titre d'exemple nous donnons ci-dessous les valeurs de $(\eta'_1/\eta_1)(\eta_0/\eta'_0)$ pour diverses valeurs de la concentration γ de PO^4K^3 exprimée en équivalents-grammes par litre.

$\gamma(\times 10^3 N)$..	0	1,81	2,38	4,54	9,52	309	340	427	454	545
$\frac{\eta'_1}{\eta_1}\frac{\eta_0}{\eta'_0}$......	1	0,987	0,971	0,978	1,016	1,048	0,969	0,948	0,959	0,996

Dans la première zone de non-floculation, la viscosité diminue à mesure que croît la concentration du sel, passe par un minimum pour une certaine valeur de celle-ci et croît ensuite de plus en plus jusqu'à devenir infinie pour la concentration a du sel correspondant à la floculation. Dans la deuxième zone, la viscosité part d'abord d'une valeur très grande, d'ailleurs

(1) A. Boutaric et Mlle M. Dupin, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 326.

difficile à apprécier exactement à cause de l'obstruction des tubes viscosimétriques, pour des concentrations voisines de la valeur b qui correspond à la limite supérieure de la première zone de floculation, va en diminuant à mesure que croît la concentration, passe par un minimum nettement inférieur à l'unité et croît ensuite de plus en plus jusqu'à devenir infinie pour la concentration c qui limite la deuxième zone de floculation. Dans les deux cas, la valeur du minimum est nettement inférieure à l'unité, en sorte que la présence de l'électrolyte détermine une diminution de la viscosité produite par la présence des micelles colloïdales.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Nouveaux procédés pour l'étude de la diffusion métallique.* Note (¹) de MM. **Pierre Chevenard** et **Albert Portevin**, présentée par M. Léon Guillet.

Étudier la diffusion métallique à l'état solide revient à déterminer la variation de concentration d'une solution solide dans le temps, dans l'espace et avec la température. Les méthodes d'étude sont nombreuses et toutes présentent des qualités et des lacunes.

I. Dans les méthodes *directes*, on détermine la concentration de l'alliage au voisinage d'un point, ou plus habituellement d'une surface, soit par microanalyse chimique, soit par spectrographie.

Il convient d'observer que nulle méthode connue ne permet de suivre le changement de concentration pendant qu'il s'opère, c'est-à-dire au cours même de la chauffe de diffusion. Il faut étudier l'échantillon après refroidissement assez brusque pour « stéréotyper » l'état obtenu à chaud.

On peut concevoir diverses méthodes directes, suivant qu'on maintient constant ou qu'on fait varier tel ou tel des quatre facteurs : température θ, durée t, concentration c, position de la surface considérée définie par sa distance x à la surface initiale de contact.

1° $\theta = \text{const.}$; $t = \text{const.}$; $c = f(x)$. — Étude de la concentration c en fonction de la profondeur x. Outre les difficultés des microprélèvements et des microanalyses, on doit signaler l'impossibilité de faire des investigations successives sur une même surface.

2° $\theta = \text{const.}$; $x = \text{const.}$; $c = \varphi(t)$. — Étude, en fonction de la durée t, des changements de la concentration c sur une surface donnée, le plus

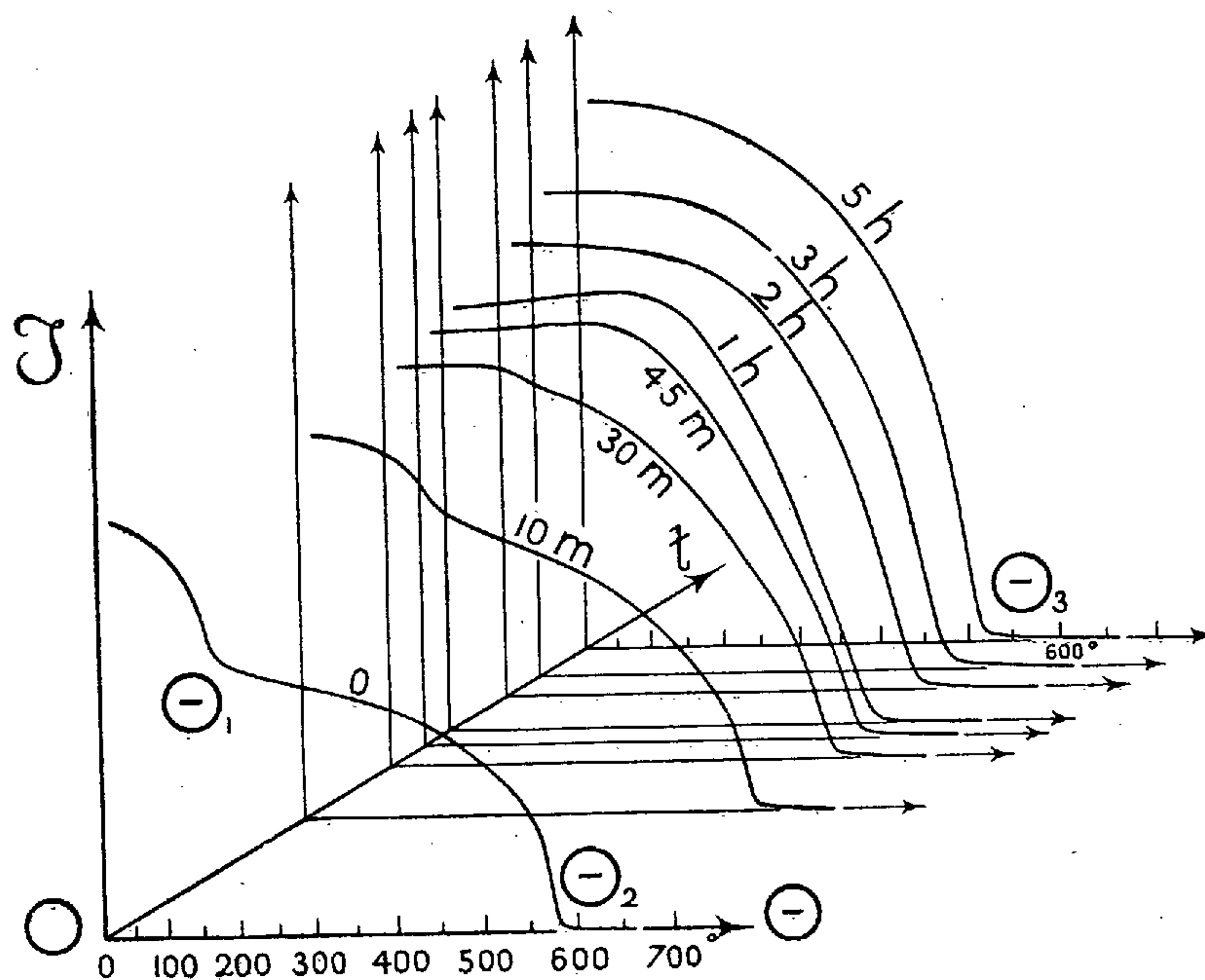
(¹) Séance du 27 juin 1938.

souvent la surface de contact ($x = o$). Cette méthode convient quand l'élément diffusant pénètre ou s'élimine sous forme gazeuse : cémentation, décarburation, diffusion d'azote ou d'oxygène dans le fer, volatilisation du zinc des laitons ou du mercure des amalgames etc. Cette méthode implique des propriétés particulières des éléments diffusants. La variante $t = \text{const.}$; $x = \text{const.}$; $c = \varphi'(\theta)$ conduit aux mêmes expériences.

3° $\theta = \text{const.}$; $c = \text{const.}$; $x = \psi(t)$. Étude, en fonction de la durée t, du déplacement d'une surface de concentration déterminée. Ce procédé, rarement applicable, est surtout qualitatif. La variante $t = \text{const.}$; $c = \text{const.}$; $x = \psi'(\theta)$ conduit aux mêmes expériences.

II. Dans les méthodes *indirectes*, la diffusion est traduite par les changements d'une propriété globale ou moyenne d'un agrégat : alliage naturel, conglomérat de poudres comprimées ou de lamelles soudées.

La propriété la plus habituellement choisie est la résistivité. L'un de



nous, pour étudier la diffusion dans les ferronickels réversibles, a utilisé une *bilame* formée de deux ferronickels inégalement dilatables, tenant par exemple 25 et 36 pour 100 Ni ; elle perd la faculté de se courber par chauffage à mesure que la diffusion nivelle les concentrations des deux lames.

Le principal avantage de ces méthodes est de laisser intact l'échantillon, et par suite de permettre des investigations successives. Par contre, elles ne fournissent qu'une intégrale, étendue à tout le volume de l'échantillon, des variations de la propriété étudiée en fonction des concentrations inconnues qui s'échelonnent à l'intérieur de l'agrégat.

La *méthode thermomagnétique*, dans le cas des solutions solides ferromagnétiques à point de Curie rapidement variable avec la concentration, permet de surmonter cette difficulté. La courbe « aimantation-température » enregistre la série des points de Curie de toutes les concentrations existantes; elle fournit ainsi les concentrations extrêmes et entre ces limites une expression intégrant les variations de la concentration.

Cette méthode a déjà donné d'utiles indications sur la disparition de l'hétérogénéité primaire et secondaire des ferronickels chromés carburés (²). Appliquée à l'étude de la diffusion dans les ferronickels binaires, elle a donné des résultats non moins nets.

Les expériences ont porté sur un agrégat lamellaire formé de feuilles alternées de deux ferronickels, l'un à 33 pour 100 et l'autre à 73 pour 100 Ni. Cette *multilame*, obtenue par soudure des feuilles au laminoir à chaud, a été laminée à froid au point de réduire à 14μ l'épaisseur des lamelles. Après recuit de diffusion, les échantillons ont été étudiés au thermomagnétomètre enregistreur de l'un de nous. Les courbes aimantation-température de la figure ci-contre, espacées le long de l'axe O*t* suivant une échelle logarithmique de la durée *t*, concernent le recuit à 1100°.

On voit très nettement la transformation du diagramme thermomagnétique, depuis l'agrégat initial à deux points de Curie bien distincts, θ_1, θ_2 jusqu'à l'austénite homogène à 53 pour 100 Ni obtenue après 5 heures de chauffe, et caractérisée par une courbe normale à point de Curie unique θ_3. Le seuil et l'achèvement de la diffusion sont révélés avec sensibilité; nous espérons obtenir une interprétation quantitative des résultats.

(²) P. Chevenard, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1144; P. Chevenard et A. Portevin, *Annales Acad. Sci. Techniques de Varsovie*, 3, 1936, p. 1.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution de l'aldol de l'éthanal.* Note de M. **M. Backès**, transmise par M. Georges Urbain.

Nous avons admis (¹) que l'aldol de l'éthanal pouvait exister sous deux formes tautomères en équilibre, correspondant, l'une à l'oxy-3-butanal-1, l'autre à l'époxy-1.3-butanol-1. Des tentatives pour mettre en évidence le cycle époxanique par des réactifs chimiques sont restées infructueuses et ont montré que l'existence d'un tautomère époxanique était peu probable. Les propriétés physiques et chimiques spéciales de l'aldol sont dues à d'autres détails de structure, décelables par une étude spectrale plus poussée.

Dans une telle étude on doit tenir compte des états de polymérisation de l'aldol. Par des mesures cryoscopiques nous avons trouvé que l'aldol pur est presque entièrement polymérisé au bout de 10 minutes. En solution benzénique l'état monomère subsiste pendant plusieurs heures à des concentrations utilisables en spectroscopie.

La solution benzénique à 20 pour 100 convenait pour une étude dans l'infrarouge proche. En collaboration avec M. Freymann, nous avons constaté que l'aldol monomère présente une vibration à 9674 Å, soit au niveau 10337 cm^{-1}. Ce niveau est caractéristique de la vibration du groupe O—H des alcools tertiaires. En spectroscopie, comme d'ailleurs dans certaines réactions chimiques, l'aldol se comporte donc comme les alcools tertiaires. Si l'on permet à l'aldol de se transformer en dimère, la bande 9674 Å disparaît. La polymérisation se fait donc par association des fonctions OH.

Pour l'étude du spectre Raman de l'aldol, monomère et sans solvant, nous avons maintenu l'aldol à l'état monomoléculaire dans un appareil à distiller en circuit fermé. Le tube Raman était intercalé dans ce circuit, immédiatement après le réfrigérant. Après 24 heures de pose, l'aldol donne les raies Raman suivantes: 2890(aF), 1445(aF), 1380(f), 1282(f), 1206(F), 1150(F), 942(f), 838(f), 804(f), 474(f) cm^{-1}.

Le dimère d'aldol, maintenu à l'état surfondu, présente le même spectre que l'aldol monomoléculaire. En prolongeant le temps de pose jusqu'à 50 heures, on observe quelques faibles raies nouvelles 1342, 1085, 695, 560, 525 et 248 cm^{-1}.

Si l'aldol contenait un carbonyle aldéhydique $C\langle^{H}_{O}$, nous aurions dû

(¹) M. Backès, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1669.

trouver une fréquence Raman aux environs de 1700 cm^{-1}. Cette étude confirme donc d'abord le résultat obtenu dans l'ultraviolet : le groupe (CO) que renferme la molécule d'aldol n'a pas la constitution du carbonyle aldéhydique. Les raies Raman observées se ramènent à des vibrations déjà connues des liaisons C↔C, C↔H et C↔OH, sauf les fréquences 1206 et 1150 cm^{-1} qui doivent être attribuées à la liaison C↔O. En examinant d'après Bonino et Brüll (²) les oscillations s'effectuant entre les substituants d'un même atome de carbone, la fréquence 1150 cm^{-1} doit être attribuée à la vibration entre H et O du groupe CHO et représente donc une vibration de déformation. On la retrouve encore dans l'aldéhyde crotonique, dans l'acroléine et dans quelques autres aldéhydes.

Quant à la fréquence 1206 cm^{-1}, nous l'attribuons à la vibration de la liaison C↔O.

Sa valeur est très proche de celle (1184 cm^{-1}) de la vibration du carbonyle activé dans HCHO (³). On pourrait admettre que l'état normal du groupe CO des aldols corresponde à l'état activé du carbonyle aldéhydique. Cette hypothèse est contraire aux données expérimentales sur la chaleur de déshydratation de l'aldol. En effet la chaleur de déshydratation du butanol-2 en butène-2 est pratiquement nulle. D'autre part, l'aldéhyde crotonique contient un carbonyle normal. Au cours du passage de l'aldol à l'aldéhyde crotonique il faudrait donc que toute l'énergie d'activation (environ 80 Cal.) se retrouvât sous forme d'énergie calorifique. Or, la déshydratation ne dégage que 4,5 Cal.

La fréquence 1206 caractérise donc un groupe CO dont la structure diffère à la fois de celle du carbonyle normal et de celle du carbonyle activé. Le niveau de son énergie de vibration est inférieur de 510 cm^{-1} à celui du carbonyle normal. L'absence de la bande du carbonyle aux environs de 2800 Å montre de plus que le niveau de son énergie électronique diffère aussi de celui du carbonyle normal. Pour marquer ces différences de structure, nous avons appelé le groupe CO de l'aldol *carbonyle XII*. Il semble d'ailleurs exister dans d'autres dérivés carbonylés. Dans la région comprise entre 8 et 9,5, c'est-à-dire pour 1050 à 1250 cm^{-1}, Lecomte (⁴) a observé une bande due au groupement CO. Ces dérivés carbonylés renfermeraient déjà une certaine proportion de carbonyle XII et l'aldol ne représenterait que le cas extrême où seul le carbonyle XII serait compa-

(²) BONINO et BRÜLL, *Acc. Linc. Rend.*, **13**, 1931, p. 275.
(³) V. HENRI, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 849.
(⁴) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1481.

tible avec la structure du reste de la molécule. Les spectres Raman des différents sucres examinés par Wiemann [5] peuvent s'interpréter dans le même sens. Le carbonyle des oses serait un carbonyle XII. La cyclisation proprement dite n'aurait lieu qu'au cours des réactions chimiques qui fournissent finalement de véritables dérivés cycliques.

HYDROLOGIE. — *Analyse du maximum annuel du Dniepr.* Note [1] de M. **Vladimir Frolow.**

On peut chercher à baser la prévision du fonctionnement du Dneprostroï sur les résultats de l'analyse de la série des maxima annuels. Dans ce but, la série a été reconstituée par relèvement des cotes sur le graphique de l'échelle de L. Kamenka, publié par A. Ch. Polišuk Savčenko [2] pour les années 1852-1932. La méthode d'analyse de M. H. Labrouste a permis d'isoler, en partant de ces données, cinq composantes de 2 à 11,3 ans de période, représentées sur le graphique. Le reste est encore complexe et montre l'existence d'autres variations de plus longue durée intéressant 1^m environ.

Le graphique montre que les composantes isolées ont une amplitude fortement variable qui atteint, pour elles toutes, des valeurs comparables. On peut dire aussi que la marche générale des maxima annuels est déterminée par la composante undécennale et par son harmonique. Mais la seule considération de ces périodes ne suffit pas pour distinguer les années autour desquelles les grandes crues sont possibles. Il faut être renseigné encore sur l'amplitude et sur la phase de ces composantes. Celles-ci, en effet, sont variables. La composante semi-undécennale, notamment, a subi un changement de phase entre 1910 et 1915. Ce fait a été constaté aussi pour les pluies à Dakar [3] par exemple et pour les nombres de Wolfer [4].

---

(5) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 789.

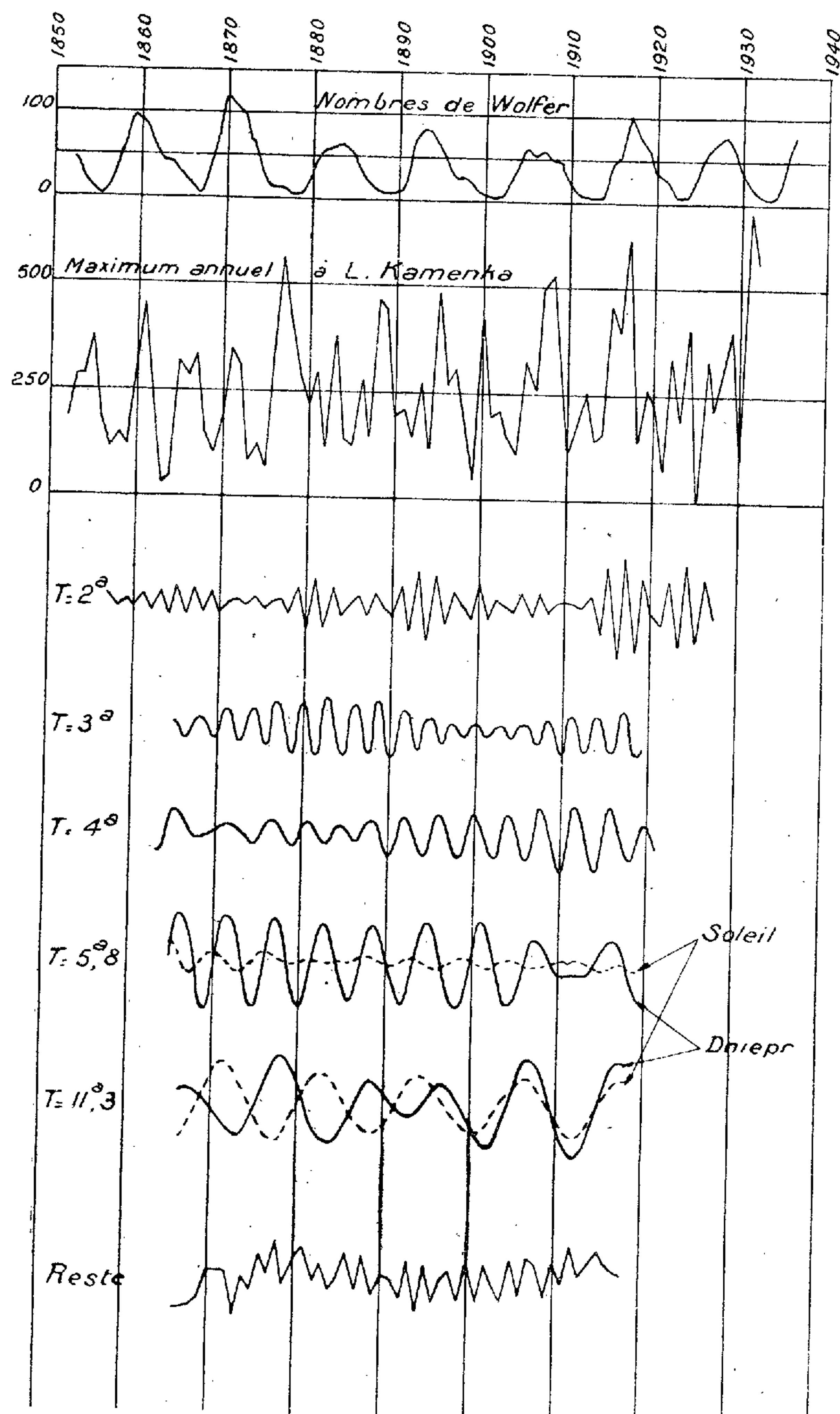
(1) Séance du 27 juin 1938.

(2) *Osnovnye itogi rabot služby gidrologičeskih opoveščenij Dneprostroja*, 1934, p. 97-115.

(3) *Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-mer*, 12, 1935, p. 168.

(4) H. Labrouste et Mme H. Labrouste, 66e *Congrès des Sociétés Savantes*. Paris, 1933, p. 468.

Le Dniepr accuse donc une dépendance probable de l'activité solaire,



mais cette dépendance est loin d'être uniforme. La composante semi-undécennale des nombres de Wolfer est beaucoup moins régulière que

celle des crues du Dniepr. L'inverse a lieu pour la composante undécennale. Cela a déjà été trouvé pour les crues du Nil ([5]). On voit aussi que le rapport des amplitudes des composantes analogues n'est pas le même pour les différentes valeurs de période.

La comparaison du graphique des nombres de Wolfer avec celui des maxima annuels du Dniepr montre que de très fortes crues de ce fleuve se sont produites aussi bien pendant les années de minimum que de maximum des taches solaires. A. Streiff ([6]), qui analysait la série du débit moyen annuel, l'a déjà remarqué, sans toutefois distinguer que ce phénomène est dû au jeu de la composante de 11 ans et de son harmonique, ce qui l'a conduit à une mauvaise prévision pour la crue de 1931.

L'exemple de M. Streiff et l'analyse résumée ici montrent la nécessité absolue de baser les prévisions à longue échéance des crues du Dniepr sur une analyse aussi complète que possible et sur la comparaison détaillée avec les résultats obtenus pour d'autres stations et d'autres éléments.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Les dépôts glaciaires du bassin de Condat (Cantal).* Note de M[lle] **Yvonne Boisse de Black**.

Le bourg de Condat se trouve à la fois au centre du vaste hémicycle dominé par les Monts-Dore, le Cézallier et le Cantal, et à la jonction de plusieurs rivières descendues de ces trois massifs : le ruisseau d'Égliseneuve d'Entraygues, le ruisseau du Boujon et la Santoire. Ces trois importants collecteurs se réunissent sur un espace de 1500^m en une seule rivière : la Grande Rhue, affluent de la Dordogne. A la faveur du débit important des collecteurs précités s'est formé un bassin de confluence où se sont accumulées leurs alluvions en une terrasse de $+20^m$, surtout largement développée sur la rive droite de la Grande Rhue.

Le pont de Condat est à 706^m d'altitude; mais les plateaux qui dominent ce bourg portent des altitudes variant de 1000 à 1100^m. On observe sur ces hautes surfaces, des dépressions E.-W. encombrées de dépôts glaciaires : celle que suit la voie du chemin de fer entre Lugarde et Condat-Saint-Amandin, et celle d'Égliseneuve d'Entraygues au lac des Esclauzes.

([5]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 852.
([6]) *Monthly Weather Review*, 1931, p. 29.

L'une et l'autre ont de toute évidence été occupées par des glaciers du Cézallier, antérieurs au réseau hydrographique actuel. Il s'agit là de formes et de dépôts de la période glaciaire du Massif Central qui a suivi les grandes émissions de basalte du Pliocène supérieur (Class. de M. Boule).

D'autres formes et dépôts reposent sur des plates-formes rocheuses le long des talwegs actuels. Les plus importants sont la belle moraine (806^{m}) au bord de la route qui domine la Grande Rhue de 150^{m}, à l'ouest du village de Pierrelaigue, et les éléments morainiques, à 811^{m}, entre Laquérie et Roche Pointue (vallée de la Santoire).

L'altitude et la position de ces terrains me les font attribuer à la deuxième période glaciaire du Massif Central (première glaciation de vallée). Ils sont séparés des premiers dépôts cités par une période de creusement importante (200^{m} environ), au cours de laquelle les anciens axes hydrographiques E.-W. ont été disloqués, à la suite de quoi s'est formé un nouveau réseau de rivières S.-N. ou N.-S., selon le massif envisagé, Cantal ou Mont-Dore.

Enfin des dépôts glaciaires ou fluvio-glaciaires sont cantonnés à 1500^{m} environ à l'est de Condat dans des dépressions sans cours d'eau, en forme de demi-cercle, établies entre des buttes de gneiss à +35 ou 40^{m} au-dessus du cours de la Grande Rhue.

L'un d'entre eux est exploité en carrière à Féniers même; il s'agit là de formations sableuses, stratifiées, à galets peu roulés, en majorité gneissiques ou cristallins, provenant du voisinage immédiat; la proportion des galets volcaniques ne dépasse pas 1 pour 100.

Ces dépôts ne proviennent évidemment pas de la Santoire, qui a la moraine fronto-terminale de son glacier wurmien à 6 ou 7^{km} en amont de Féniers, près de Saint-Bonnet. Entre ces deux localités, les gorges sont nettement fluviatiles. Ils ne peuvent être qu'en relation avec un glacier venant par la vallée de Marcenat, à une époque relativement récente où celle-ci était encore tributaire du Boujon ou de la Grande Rhue; l'accumulation de blocs erratiques et de dépôts vers le Sud, le long de la route entre Féniers et le cours actuel du Marcenat, confirment cette supposition.

Ces dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires ont forcé par la suite le ruisseau de Marcenat à s'infléchir vers l'Ouest, où il a rejoint, par des gorges épigéniques, la Santoire à 3^{km} en amont du confluent avec la Grande Rhue.

Ces formations se relient à d'autres éléments glaciaires : moraines accumulées dans les vallons à fond plat entre Féniers et la Borie, et entre Féniers et la Platone; des placages de blocs erratiques (balsate et gneiss)

reposant sur les flancs du vallon entre Féniers et la Planone; ceux du monticule de gneiss entre la Planone et le Boujon, ceux enfin de la butte du Vernet, sur la rive droite du Boujon, qui atteignent le sommet (821^{m}).

Le glacier du Marcenat lançait des diverticules vers la Borie, car j'ai observé là une moraine à 748^{m} d'altitude. Une autre moraine domine la terrasse de 20^{m} sur la rive gauche de la Rhue près du Pont de Condat.

Le vallon sec, encombré d'alluvions et à profil glaciaire, qui, à 2^{km} environ à l'est de Condat, contourne la butte du Vernet, montre, à son extrémité N.-W., vers la Dentie, une petite cuvette comprise entre deux moraines importantes : celle de l'est culmine à 130^{m} d'altitude relative (au-dessus de la Rhue); le bord de la seconde repose sur le gneiss à + 50^{m} au-dessus du ruisseau d'Égliseneuve. Il s'agit là vraisemblablement d'une ancienne moraine du Boujon.

D'autres lambeaux morainiques s'étalent sur les flancs du ruisseau d'Égliseneuve, approximativement à la même altitude que ceux de la Dentie, le long de la route de Condat à Besse, à 1^{km} de ce premier bourg. Ils prouvent que le glacier d'Égliseneuve s'étendait jusqu'aux abords de Condat.

Tous les dépôts fluvio-glaciaires ou morainiques de Condat-en-Féniers doivent, selon moi, se rattacher à la dernière glaciation du Massif Central (2e glaciation de vallée), dont j'ai montré ailleurs le synchronisme probable avec le Wurmien alpin.

Toutefois, en ce qui concerne le glaciaire du Boujon, je dois signaler que cette vallée, à l'amont de la moraine de la Dentie, est de profil nettement fluviatile, jusque vers le Moulin-du-Pont : en outre, à Batifoil, existe une autre moraine. En l'état actuel de mes recherches, je suis conduite à considérer celle-ci comme une moraine de retrait post-wurmienne et d'admettre que toute la vallée du Boujon, entre Moulin-du-Pont et Vernet, a été entièrement recreusée par l'érosion fluviale.

Les glaciers du Cézallier, du Mont-Dore et du Cantal, au Wurmien, se terminaient donc tous, coïncidence curieuse, autour, mais à proximité immédiate, du bassin de confluence de Condat, entre 720 et 750^{m} d'altitude; mais ils ne le dépassaient pas.

La moraine mentionnée près de Pierrelaigue, à 150^{m} au-dessus de la Grande Rhue, témoigne que les premiers glaciers de vallée du Massif Central avaient une plus grande extension que ceux du Wurmien; c'est, à ma connaissance, le seul point du Massif Central où l'on ait une preuve de cette plus grande extension.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'altitude de la couche atmosphérique où sont émises les raies D et sur l'origine des atomes de sodium présents dans cette couche.* Note (1) de MM. **Georges Déjardin** et **René Bernard**, présentée par M. Charles Fabry.

I. Le doublet D du sodium, présent dans le spectre du ciel nocturne, acquiert une intensité considérable lorsque le rayonnement solaire illumine la haute atmosphère. Ce phénomène, découvert récemment par l'un d'entre nous (2), se manifeste au crépuscule dans des conditions qui permettent d'attribuer à la *limite supérieure* de la couche luminescente une altitude voisine de 60^{km}. D'autre part, d'après H. Garrigue (3), le rapport B_H/B_Z des intensités de la raie D du ciel nocturne, observée à 10° au-dessus de l'horizon et au zénith, varie de 2 à 3. En admettant que ce rapport a pour valeur 2,8, MM. J. Cabannes, J. Dufay et J. Gauzit (3) viennent de fixer à 130^{km} l'altitude h du sodium atmosphérique. Cependant, si l'on donne successivement à B_H/B_Z les valeurs extrêmes 2 et 3, on trouve pour h 400 et 90^{km}. De plus comme il est probable que la couche luminescente soit homogène et étroite, on doit commettre une erreur appréciable en confondant $B_0 \sec\alpha$ avec la brillance vraie correspondant à $\alpha > 70°$. Enfin, l'intensité des radiations atmosphériques passe par un maximum au voisinage de l'angle de visée utilisé (10° au-dessus de l'horizon). Cette circonstance laisse planer un certain doute sur la validité rigoureuse de la formule de Cabannes et Dufay, surtout si l'on remarque que 10° est un angle de visée moyen. Pour ces diverses raisons, il semble logique de réduire fortement, sans doute de plusieurs dizaines de kilomètres, l'altitude minimum calculée par la formule de Cabannes et Dufay. Il n'y a donc pas contradiction avec la valeur ($h < 60^{km}$) obtenue en notant avec précision l'heure à laquelle s'affaiblit brusquement la raie D dans le spectre du ciel crépusculaire.

II. D'après MM. Cabannes, Dufay et Gauzit (4), la raie jaune du ciel nocturne pourrait résulter d'une luminescence accompagnant la chute des météorites et poussières cosmiques. Cette hypothèse, déjà envisagée par

(1) Séance du 27 juin 1938.
(2) R. Bernard, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 448-450.
(3) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1807-1809; **205**, 1937, p. 491-493.
(4) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1525-1528.

l'un de nous [5], se heurte à l'absence des raies du sodium dans le spectre de l'aurore boréale, c'est-à-dire au fait que l'excitation de ces raies n'a pas lieu à des altitudes où disparaissent déjà de nombreux météores. D'autre part elle ne permet guère d'expliquer simplement la limitation vers 60^{km} de la photoluminescence observée au crépuscule. Enfin on sait que les météorites pierreuses, qui contiennent une forte proportion de MgO, et parfois de CaO et de Al^2O^3, sont relativement pauvres en alcalis.

III. Il semble donc préférable d'attribuer au sodium atmosphérique une origine terrestre, et d'envisager en premier lieu la pénétration dans la haute atmosphère de particules salines provenant des océans. De telles particules sont entraînées par les vents à des distances considérables des côtes, et servent alors de noyaux de condensation pour la formation des nuages et des brouillards [*Disperse systems in gases* (*The Faraday Society*, Londres, 1936)]. D'autre part, la tropopause ne peut être considérée comme séparant deux domaines indépendants, entre lesquels les échanges seraient impossibles ou peu importants [6]. Il est donc logique d'admettre que des particules salines parviennent dans la stratosphère et réussissent même à atteindre des régions très élevées [7]. Leur vaporisation partielle, sous faible pression et dans une région relativement chaude (vers 50 ou 60^{km}), donnerait alors naissance à des molécules NaCl, susceptibles de se décomposer sous certaines influences [8].

IV. Il est d'ailleurs possible que la présence du sodium dans l'atmosphère supérieure soit due partiellement à d'autres causes purement terrestres, et notamment à l'activité volcanique. En particulier, les éruptions violentes projettent dans l'atmosphère des matériaux très divisés dont l'altitude peut atteindre initialement 10 à 30^{km}. Il peut en résulter la formation d'un plafond très élevé de poussières extrêmement fines qui, sur une grande partie de la surface du globe, produit un accroissement considérable et prolongé de l'absorption atmosphérique. Entre 1883 et 1914, les mesures relatives au rayonnement solaire et à la transparence de l'atmosphère ont été ainsi fortement perturbées au cours de quatre

---

(5) G. Déjardin, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 930-933.

(6) Voir J. Jaumotte, *Institut Royal météorologique de Belgique*, Mémoires, 5, Bruxelles, 1936.

(7) Ces particules, servant de germes de condensation, pourraient alors contribuer à la formation des nuages nacrés, observés par Störmer entre 20 et 30^{km}.

(8) R. Bernard et G. Déjardin, *Journal de Physique*, 7e série, 9, 1938, p. 97 S.; R. Bernard, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1669-1672.

périodes de 2 à 5 ans, débutant chacune par une phase d'activité volcanique intense ([9]). En dehors de ces périodes exceptionnelles, il est permis de penser que les manifestations volcaniques contribuent d'une manière appréciable à la pollution de l'atmosphère. Or les cendres et les poussières issues des volcans renferment toujours une proportion notable de produits alcalins; leur composition chimique ne semble d'ailleurs pas différer essentiellement de celle des blocs et des lapilli. En moyenne, les roches éruptives renferment 3,8 pour 100 de Na^2O. Une proportion de cet ordre a été effectivement trouvée dans les cendres de la Montagne Pelée et dans un grand nombre de matériaux d'origine volcanique récente ([10]).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la généralité des oxydations extrinsèques.* Note de M. **Lucien Plantefol**, présentée par M. Marin Molliard.

La définition des oxydations extrinsèques, qui dégradent totalement des substances organiques par l'oxygène de l'air à la surface du protoplasme, a été établie en utilisant comme substance oxydable le glucose, et comme surface activante, celle que fournit une Mousse, l'*Hypnum triquetrum* ([1]). Les oxydations extrinsèques peuvent être réalisées pour une série de corps organiques autres que le glucose et par des tissus végétaux différant profondément de ceux des Mousses.

I. Les substances chez lesquelles a été recherchée l'aptitude à fournir des oxydations extrinsèques sont de natures assez diverses :

1° *Oses et diholosides.* — Le fructose se comporte comme le glucose. A l'optimum de concentration (de N/2 à N/10), l'intensité respiratoire (O^2 consommé) par rapport au témoin est 1,8 (oxydations extrinsèques 0,8).

([9]) Voir *Annals of the Astrophysical Observatory of the Smithsonian Institution* 3, 1913, p. 211-229; 4, 1922, p. 128 et 195.

([10]) Voir notamment F. Rinne, *La Science des Roches*, Paris, 1928; A. Lacroix, *La Montagne Pelée et ses éruptions*, Paris, 1904, p. 192, 193, 392, 519, 527 et 531. La présence dans les roches volcaniques de Al^2O^3, CaO et MgO conduit à rechercher si des raies du ciel nocturne ne pourraient être, avec quelque vraisemblance, attribuées à des métaux autres que le sodium. A côté des rapprochements déjà mentionnés par Cabannes, Dufay et Gauzit (Ca et Al), il y a lieu de considérer les radiations du ciel voisines des raies suivantes du magnésium : 4571, 5184, 3838-3832-3830 Å.

([1]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 370 et 1886.

Parmi les diholosides, le *saccharose* et le *maltose* fournissent d'importantes oxydations extrinsèques. Par rapport au témoin, l'intensité respiratoire de la Mousse traitée dépasse 2 et s'élève même jusqu'à 2,6.

La comparaison entre oses et diholosides présente un intérêt particulier. Elle montre que la production de CO^2 par unité de surface de la Mousse, dans les oxydations extrinsèques, est plus forte à partir des diholosides qu'à partir des oses : quand la concentration du glucose passe de N/10 à N/2, sans augmentation des échanges gazeux, ce n'est pas le CO^2 produit par la réaction qui limite l'intensité de celle-ci.

D'autre part, la grandeur des oxydations extrinsèques (évaluées en oxygène consommé et rapportées à la respiration du témoin, elles sont à l'optimum 0,8 pour les oses, de 1 à 1,6 pour les diholosides) indique que, malgré la différence de taille des molécules, il peut y avoir, dans les deux cas, à peu près le même nombre de molécules dégradées par unité de surface.

2° *Alcool éthylique.* — Il est l'objet d'oxydations extrinsèques, mais moins actives que celles des sucres. L'optimum de concentration, beaucoup plus précis que pour les sucres, est N, ce qui fournit bien, en ce qui concerne, non les molécules, mais les masses présentes à l'optimum, le même ordre de grandeur que pour le glucose. Toutefois le maximum des oxydations extrinsèques est faible, environ moitié de celui que fournit le glucose.

3° *Acides ternaires.* — C'est à l'occasion de l'acide oxalique (²) qu'ont été rencontrées d'abord des oxydations pouvant se ranger parmi les oxydations extrinsèques. Dans les conditions expérimentales adoptées, l'*acide oxalique* et l'*acide citrique* donnent des oxydations extrinsèques pouvant égaler ou multiplier par 2 les oxydations normales du témoin.

4° *Acides aminés.* — Le glycocolle est l'objet d'oxydations extrinsèques. L'optimum est rencontré pour des concentrations relativement faibles, de N/5 à N/20. Le maximum des oxydations extrinsèques, évalué d'après le CO^2 dégagé, est environ 0,4; d'après l'oxygène consommé, environ 0,2.

Ainsi la notion d'oxydations extrinsèques peut être étendue du glucose à des corps organiques appartenant à des groupes chimiques assez divers, comprenant également des métabolites et des substances dont la présence n'est pas normale dans les tissus étudiés.

II. Il était nécessaire également d'établir que les oxydations extrinsèques ne sont pas uniquement réalisées par les Mousses. Celles-ci ont en effet des membranes jouissant de propriétés assez particulières; elles cons-

(²) HOUGET (J.), MAYER (A.) et PLANTEFOL (L.), *Ann. de Physiol.*, 4, 1927, p. 663.

tituent une part importante du volume de la plante; elles ont, même celles des feuilles, un rôle dans l'absorption réalisée par la plante. C'est à des tissus d'Angiospermes, non spécialisés dans les phénomènes d'absorption, qu'il était intéressant de s'adresser pour généralisation. J'ai utilisé, à l'exemple de Palladine, les parties aériennes de plantules (étiolées ou vertes) et surtout de Blé.

Les actions produites sur la respiration sont aussi nettes qu'avec l'*Hypnum triquetrum*.

Voici par exemple les valeurs obtenues (par rapport à un témoin dont la respiration égale 1) dans quatre expériences différentes, entre février et mai, pour le glucose N/2.

					Moyenne.
CO^2 dégagé..........	1,65	1,60	1,62	1,54	1,60
O^2 consommé........	1,54	1,46	1,51	1,41	1,48

La variation des échanges gazeux, en fonction de la concentration de glucose, est exprimée dans les résultats suivants :

Concentrations.........	N/10	N/2	N	2N	5N
O^2 consommé..........	1,12	1,48	1,68	1,57	1,56

La courbe a même allure que pour l'*Hypnum triquetrum*. Le maximum des oxydations extrinsèques (0,68) est du même ordre de grandeur, mais il est obtenu pour une concentration en glucose près de 5 fois plus forte.

Les diverses substances qui fournissent des oxydations extrinsèques au contact des Mousses, ont même comportement en présence du Blé.

Enfin le lavage a les effets précédemment décrits, qui ont permis de préciser les caractères des oxydations extrinsèques.

Les oxydations extrinsèques apparaissent donc comme une forme importante des échanges gazeux : elles peuvent, dans diverses conditions physiologiques, constituer une part appréciable de la respiration.

GÉNÉTIQUE. — *Sur l'obtention d'un* Linum usitatissimum L. *tétraploide, après application de colchicine*. Note de MM. **Marc Simonet**, **Robert Chopinet** et **Georges Souilijaert**, présentée par M. L. Blaringhem.

P. Dansereau et l'un de nous ([1]) avons montré que, tout comme F. Blakeslee, R. Nebel et leurs collaborateurs, mais en opérant différem-

([1]) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1832-1834.

ment, nous avions réussi à provoquer de la polyploïdie en traitant à la colchicine quelques plantes de *Petunia*. Nous avons signalé que, sur 8 plantes étudiées, 3 sont à $n = 7$, comme les témoins, c'est-à-dire diploïdes ($2n$), les 5 autres étant à $n = 14$, c'est-à-dire tétraploïdes ($4n$), avec un pollen contenant 40 à 60 pour 100 de grains bien conformés, alors que celui des plantes des lots de contrôle en renferme 95 pour 100.

Ces mutations, colchiploïdes, sont à feuilles, à fleurs, à cellules et à grains de pollen (du moins ceux qui sont bien conformés) plus volumineux que ceux des plantes non traitées. D'autres expériences entreprises au Centre de Recherches Agronomiques de Provence [Villa Thuret, Antibes (Alpes-Mar.)], nous ont permis d'observer un nouveau cas.

La technique employée est l'une de celles indiquées par Blakeslee : chez une variété commerciale Vilmorin de Lin oléagineux (*Linum usitatissimum* L.), les graines, trempées dans des solutions aqueuses de colchicine à 0,1 pour 100, 0,2 pour 100 et 0,4 pour 100 durant 2, 4 et 6 jours, ont donné des variations.

Les lots traités germent plus tardivement que les témoins, l'axe hypocotylé ainsi que le bourgeon central sont épais. La plupart des jeunes plantules sont mortes; dix ont survécu et donné une tige au détriment d'un bourgeon latent à l'aisselle des cotylédons; la plus grande, issue du lot traité à 0,1 pour 100 pendant deux jours, vient de donner ses fleurs, d'une taille double de celles des témoins; son pollen, au lieu d'avoir 95 pour 100 de grains bien conformés, comme les témoins, n'en renferme que 45-50 pour 100 et de taille plus grande.

Malgré le petit nombre des boutons floraux obtenu, la méïose a pu être suivie dans les cellules-mères de grains de pollen examinées au carmin-acétique. Alors que les plantes des lots de contrôle sont à $n = 15$, c'est-à-dire diploïdes, la plante à fleurs plus grandes, signalée ci-dessus, est à $n = 30$, c'est-à-dire tétraploïde, avec présence d'éléments univalents, bivalents, trivalents et tétravalents à la métaphase hétérotypique. Par suite d'irrégularités dans la disjonction, les chromosomes sont inégalement répartis à la division homéotypique, d'où les combinaisons observées $30 + 30$, $29 + 30 + 1$, $28 + 29 + 2 + 1$. Les tétrades sont à 4, 5 et 6 cellules, ce qui explique les irrégularités constatées dans la conformation du pollen.

Les tailles plus grandes de la tige, des fleurs, des feuilles, des cellules, des grains de pollen sont autant de modifications qui caractérisent la tétraploïdie, tout comme la dégénérescence partielle du pollen et l'existence de

tétrades anormales indiquent que la mutation obtenue est autopolyploïde. Toutes les cellules-mères des grains de pollen étudiées étant à $n = 30$, nous pouvons en déduire que la tige, produite au détriment d'un œil axillaire des cotylédons, est entièrement tétraploïde. Comme chez les *Petunia* (¹), une colchimitose a dû avoir lieu au cours d'une des divisions nucléaires de la cellule initiale de l'organe muté; la mutation chromosomique aurait donc eu pour origine une variation de bourgeons.

Autofécondée, cette plante donne déjà des capsules dont nous espérons obtenir une descendance, un lin tétraploïde étant intéressant à divers titres.

D'abord au point de vue chromosomique, puisque l'un de nous (²) a montré que chez près de 40 variétés à fibres ou à graines oléagineuses de *Linum usitatissimum*, toutes étaient à $n = 15$, sans trace de polyploïdie, comme la variété utilisée dans notre expérience. Ensuite et surtout la création d'une variété de lin oléagineux plus vigoureuse, à graines plus volumineuses, peut avoir une certaine importance agricole. Du moins laisse-t-elle présager de fort belles possibilités quant à l'emploi de la colchicine comme technique, simple et peu coûteuse, permettant l'obtention de variétés à végétation plus vigoureuse, à fleurs plus grandes, à fruits ou à grains plus gros. Enfin, alors que, dans les *Petunia*, la colchicine avait seulement permis de répéter expérimentalement une variation chromosomique déjà connue, chez le *Linum usitatissimum*, dont aucune variation polyploïde n'avait encore été signalée, cet alcaloïde vient de montrer toute l'importance créatrice que l'on peut tirer de son emploi judicieux.

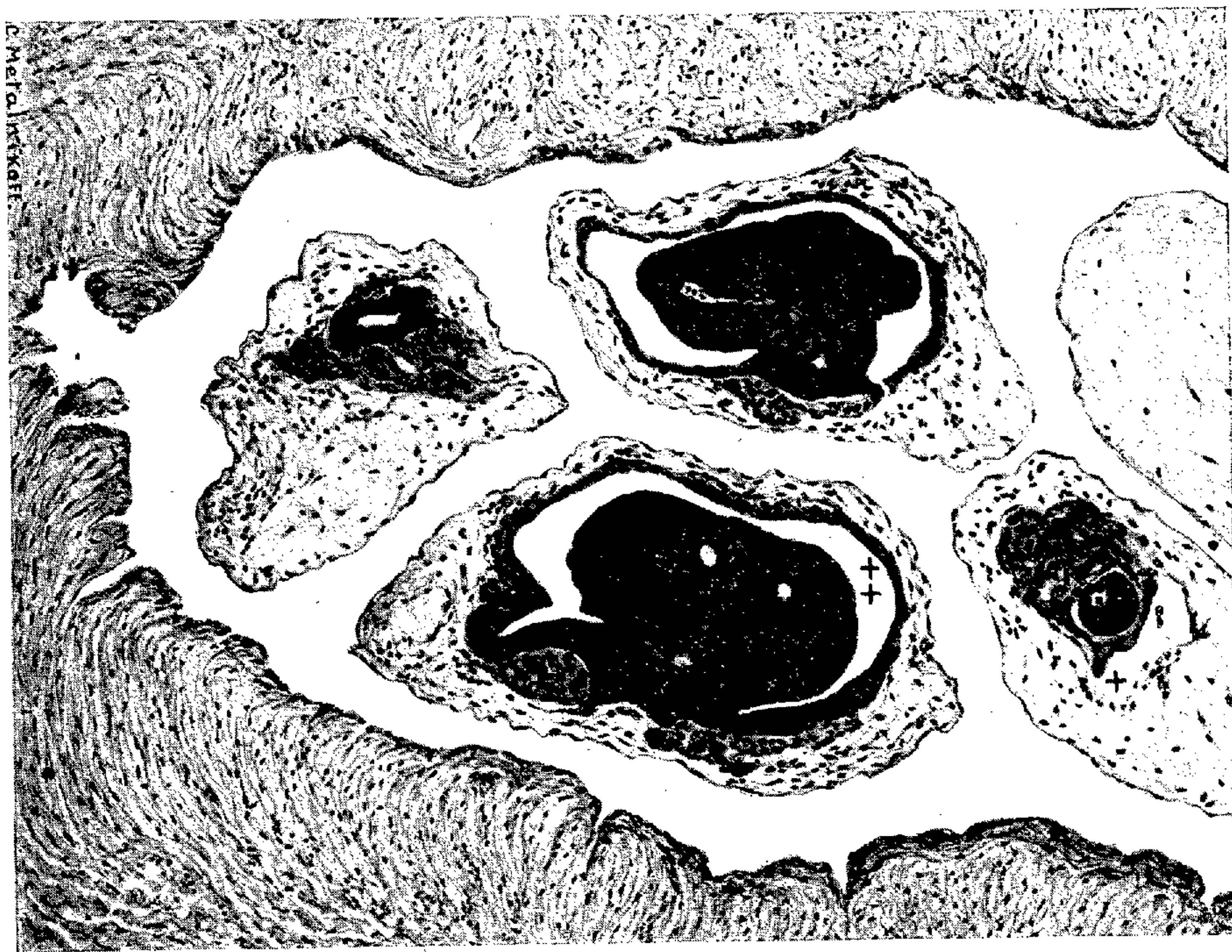
EMBRYOGÉNIE. — *Sur le développement, à l'intérieur des veines, dans les tumeurs à tissus multiples du testicule humain, d'embryons issus de parthénogénèse polyembryonique.* Note (¹) de MM. **Albert Peyron** et **Henri Limousin**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons montré (²) qu'on pouvait retrouver, dans les veines spermatiques, envahies par les embryomes du testicule, des petits boutons embryonnaires à l'intérieur des embolies néoplasiques. Depuis lors, nous

(²) *Archives d'Anatomie microscopique*, 35, 1929, p. 372-381.

(¹) Séance du 27 juin 1938.
(²) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 894.

avons poursuivi l'étude de ce processus qui représente une culture en milieu sanguin. La reconstitution et la croissance des boutons s'y observent comme dans le tissu néoplasique, mais on peut les suivre plus facilement, parce qu'elles ne sont pas altérées, comme dans ce dernier, par des modifications secondaires ou dégénératives (compression mécanique, pénétration réciproque des diverses formations, nécrose, etc.). Le rythme de croissance et



Embryome 11013. — Vue d'ensemble d'une veine spermatique qui montrait dans sa cavité un nombre variable suivant les sections, mais parfois considérable (10), d'embryons ou boutons embryonnaires indépendants. — Dans la partie correspondant au dessin, on en reconnait quatre, deux occupant la partie moyenne ont des dimensions à peu près identiques, la cavité amnioblastique est désignée (dans l'un seulement) par ++; les formations entoblastiques et mésoblastiques tranchent par leur aspect clair au niveau du plancher de la vésicule amnio-ectoblastique; le mésenchyme extra-embryonnaire est limité extérieurement par une membrane amincie; à droite petit bouton dont la vésicule entoblastique en cours de creusement est désignée par +.

la morphologie des boutons paraissent indépendants des variations physiologiques ou pathologiques de l'organisme du porteur; l'un et l'autre ont, dans chaque tumeur, un caractère spécial que l'on retrouve à peu près constant, quelle que soit la période à laquelle on les étudie.

Ainsi notre tumeur 11013 est remarquable dans toute son étendue par la reconstitution persistante des stades jeunes des boutons, alors que, dans le cas 10619, ces derniers sont rares ou de durée temporaire, faisant place rapidement à des bourgeons géants en voie de ramification et de transformation. Or, on retrouve cette même opposition dans les formations intravasculaires des deux tumeurs. Cette étude nous a permis d'interpréter les curieux aspects signalés depuis longtemps par les pathologistes et les chirurgiens, mais dont la signification leur avait échappé : ils avaient noté une infiltration totale ou partielle, continue ou non, des veines spermatiques et cave inférieure, gagnant parfois les cavités du cœur droit et rappelant macroscopiquement les végétations d'un môle hydatiforme. En réalité, cette infiltration vasculaire reste liée, durant toute l'évolution de la tumeur, à la transformation et à la reconstitution plus ou moins complète du stade initial des boutons. La figure ci-contre, à rapprocher de celle de notre première Note, montre une disposition relativement rare : présence, dans un même tronc veineux, d'une série d'embryons juxtaposés, mais libres de toute connexion, aussi bien entre eux qu'avec la paroi endothéliale; en d'autres points, on les retrouve disposés en chapelet à l'intérieur d'une gangue mésenchymateuse commune; l'épithélium chorial est ici aminci; mais, en d'autres points du même vaisseau, les boutons disparaissent, noyés dans une prolifération irrégulière du trophoblaste qui distend et détruit l'endothélium et l'assise musculaire. On retrouve souvent, dans les boutons encore réguliers, l'individualisation des gonoblastes que nous avions mise en évidence antérieurement ([3]). D'une façon générale, la tendance au bourgeonnement des vésicules embryonnaires est moins marquée à l'intérieur des vaisseaux que dans le tissu néoplasique; au contraire, l'accroissement et la différenciation du mésenchyme y sont beaucoup plus nets.

En résumé, les boutons embryonnaires ainsi embolisés trouvent dans le sang des conditions physiologiques comparables (bien que beaucoup plus favorables) à celles des cultures de vésicules embryonnaires de lapines en plasma de lapins mâles, obtenues pour la premières fois par Brachet ([4]) mais, dans nos tumeurs issues d'une lignée souche à prolifération illimitée, la culture *in vivo* peut être étudiée aux stades les plus divers, beaucoup plus facilement que dans une culture *in vitro*, même suivie de repiquage.

([3]) PEYRON, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1680.
([4]) *Archives de Biologie*, t. 28, 1913, p. 447.

Nous sommes d'ailleurs convaincus que la culture *in vitro* de ces embryomes parthénogénétiques, pratiquée dans un centre chirurgical bien outillé, aboutirait à des constatations du plus haut intérêt, en particulier par la possibilité qu'elle donnerait de préciser, sinon de modifier expérimentalement le mode d'apparition et l'évolution des cellules génitales primordiales.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Les variations nycthémérales dans l'élimination des principales substances de l'urine.* Note [1] de Mme **Simone Belluc**, MM. **Jules Chaussin**, **Henri Laugier** et Mme **Thérèse Ranson**, présentée par M. Charles Achard.

Nous avons étudié [2], sur un sujet normal, l'élimination urinaire moléculaire globale $V\Delta$ et celle des molécules élaborées $V(\Delta - \delta cl)$ au cours des 7 jours d'une série en régime fixe, le nycthémère étant divisé en 6 fractions de 4 heures pour la récolte et l'analyse des urines.

Dans le précédent exposé, relatif à cette même série, pour compléter cette étude globale, nous avons étudié au cours du nycthémère les variations du *débit horaire moyen* dans le détail des substances dosées : *urée*, *chlorures*, *phosphates*, *acide urique*, *ammoniaque* et *acidité*. Nous avons pris comme chiffre représentatif de chaque détermination la moyenne des 7 nombres obtenus dans les jours succcessifs.

Débits des substances (graphique 1). — Les chiffres du graphique montrent que le *débit horaire moyen* de l'*urée* oscille entre les valeurs $1^g,06$ et $1^g,3$ variant d'environ 25 pour 100 alors que celui des chlorures qui va de $0^g,3$ à $0^g,94$ varie d'environ 300 pour 100.

Les *débits des chlorures* varient sensiblement dans le même sens que les débits urinaires V, avec un minimum très accusé pour les deux éliminations (24^h-4^h) et (4^h-8^h) (sommeil au lit) de $0^g,30$ et $0^g,35$. Les maxima des débits chlorurés $0^g,94$ et $0^g,91$ dans les deux premières éliminations de la période diurne (8^h-12^h) et (12^h-16^h), ont lieu en même temps que les maxima du débit urinaire $86^{cm^3},4$ et $83^{cm^3},6$.

Les débits des *sulfates* et des *phosphates* varient dans le même sens au cours des trois éliminations (8^h-12^h), (12^h-16^h) et (16^h-20^h) et varient en sens inversé dans les trois suivantes (20^h-24^h), (24^h-4^h) et (4^h-8^h).

---

(1) Séance du 27 juin 1938.

(2) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 273.

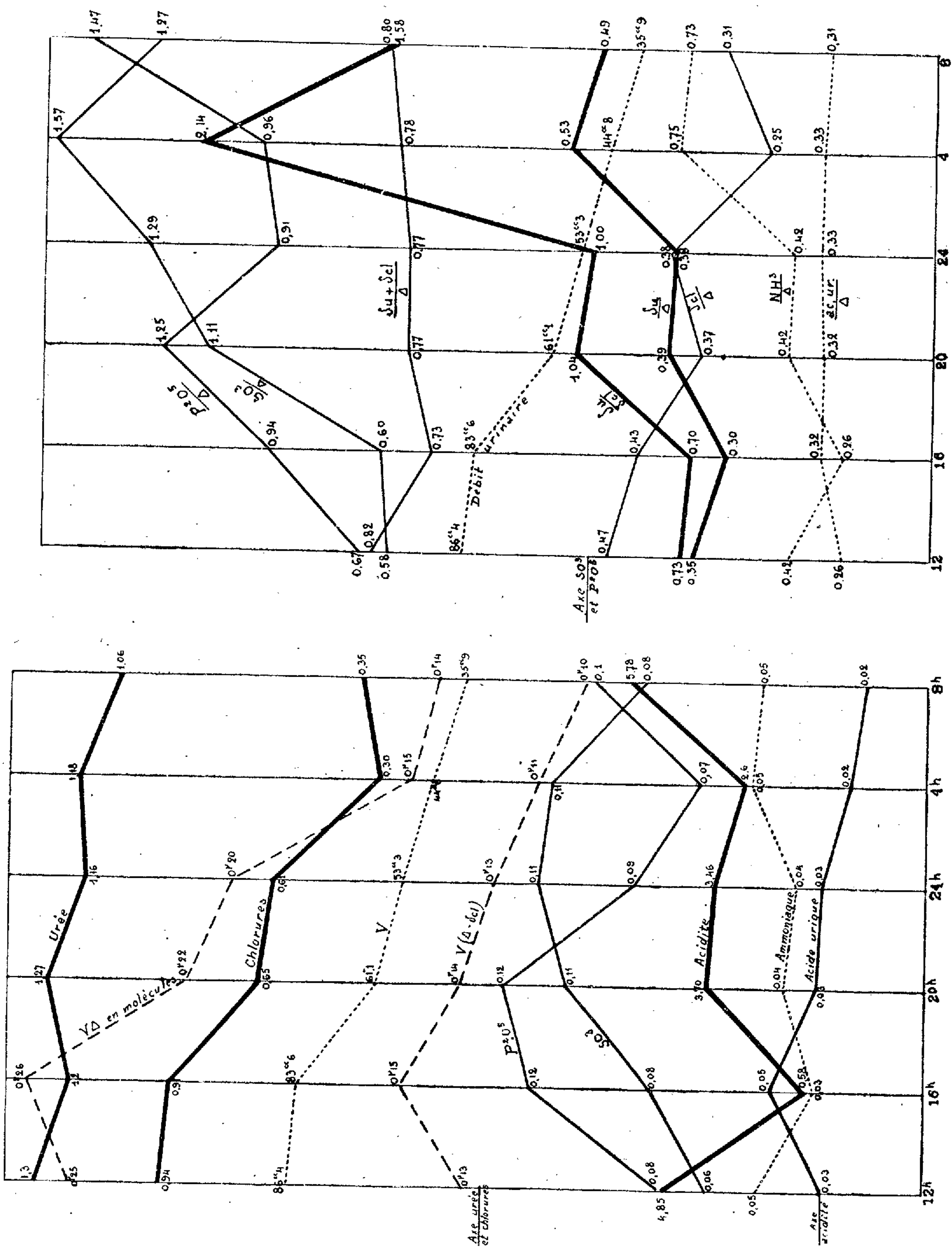


Fig. 2. — Structure de l'urine.

Fig. 1. — Débits horaires moyens.

Les débits de l'*acide urique* et de l'*ammoniaque* varient à peu près en sens inverse l'un de l'autre.

L'*acidité* présente deux minima, à 16^h (élimination qui suit le repas de midi) et à 4^h.

Ainsi la liaison étroite qui unit l'élimination globale au débit urinaire ne se retrouve plus entre les composants élémentaires de cette élimination et le débit urinaire.

Structure de l'urine (graphique 2). — Cette étude des débits est complétée par un examen des variations dans la structure de l'urine en suivant les modifications nycthémérales des rapports $\delta u/\Delta$ et $\delta cl/\Delta$ (qui représentent les rapports des pressions osmotiques de l'urée et des chlorures dans l'urine, à la pression osmotique globale de celle-ci), puis du rapport $\delta u/\delta l$ de la pression osmotique de l'urée à celle des chlorures; pour les autres substances, les variations nycthémérales de leur proportion dans l'urine sont étudiées en calculant le rapport de leurs concentrations au Δ cryoscopique de l'urine. Les résultats sont présentés dans le graphique 2, qui met en évidence sur les lignes représentant $\delta u/\Delta$ et $\delta cl/\Delta$ une variation en sens inverse des pressions osmotiques relatives de l'urée et des chlorures dans l'unité de concentration urinaire $\Delta = 1$, la somme de ces deux valeurs $(\delta u + \delta cl)/\Delta$ présentant peu de variations. Les fortes valeurs du rapport $\delta u/\delta cl$ pendant les deux éliminations (24^h — 4^h) et (4^h — 8^h) (sommeil au lit) résultent de l'action simultanée de l'augmentation de δu et de la diminution de δcl dans ces périodes.

Les variations des concentrations des *sulfates* et de l'*ammoniaque* rapportées au global sont de même sens que celles de l'urée et en sens inverse de celles des chlorures; celles de l'acide urique sont relativement faibles.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Dosage et répartition de la flavine chez les Lépidoptères*. Note de Mme **Andrée Drilhon** et M. **René-Guy Busnel**, présentée par M. Paul Portier.

Le rôle physiologique de la flavine sous ses divers aspects dans l'organisme animal n'étant pas complètement connu, il nous a semblé que des recherches sur sa répartition doivent apporter des données permettant la solution de ce problème. Si des recherches sur les animaux marins (Poissons, Chéloniens) ont précisé sur ce point de nombreux résultats, les Insectes jusqu'ici n'ont fait l'objet d'aucun travail d'ensemble.

Dans les travaux que nous poursuivons depuis plusieurs années sur la biochimie des Insectes et en particulier les Lépidoptères à longues métamorphoses, nous avions été frappés par la faible intensité respiratoire de chrysalides qui passent 10 mois à l'état de vie ralentie et au sein desquelles se produit un travail d'analyse et de synthèse de grande intensité.

Nous nous sommes adressés principalement à l'espèce *Attacus Pernyi*, les résultats principaux sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Chrysalide		*Imago*	
Agée de 8 mois	6γ,51	♂	8γ,8
» 10 »	7γ,93	♀	7γ,4
Œufs		*Larves*	
Vierges pris dans l'abdomen	16γ	2e âge	4γ,4
Agés de 13 jours	21γ,08	3e »	4γ,55
» 21 »	29γ,04	4e »	4γ,9
		Filage	7γ,425

(Teneurs exprimées en γ par gramme de tissus frais.)

Il ressort de ce tableau deux faits essentiels :

1° la teneur globale de l'insecte en flavine au cours de ces différentes formes est relativement faible;

2° l'augmentation particulièrement importante de la teneur en flavine au cours de la maturation de l'œuf.

Étant donnés ces résultats acquis sur l'insecte entier, nous avons précisé la localisation anatomique de la flavine dans les différents organes *in situ* par examen, au microscope à fluorescence de Reichert, complété par les réactions classiques de détermination des flavines [1].

Les résultats de ces examens seront consignés prochainement dans un mémoire. Il importe cependant de signaler l'énorme accumulation de la flavine dans les tubes de Malpighi soit sous sa forme libre chez la chrysalide et l'adulte, soit liée chez la chenille.

Des dosages effectués sur ces organes dont on a pu prélever de 20 à 50^{mg} révèlent des teneurs de beaucoup supérieures à celles déjà signalées dans la série animale.

Nos résultats sont résumés dans le tableau ci-après :

---

(1) M. FONTAINE et R. G. BUSNEL, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1521.

Tubes de Malpighi.

	Chenille			
	2e âge.	3e âge.	4e âge.	Filage.
Par gramme............	$87^{\gamma},58$	$388^{\gamma},7$	$919^{\gamma},9$	$1298^{\gamma},3$

En conclusion, nous constatons une augmentation considérable de la flavine dans les tubes de Malpighi au cours de la croissance de la chenille. Cette flavine se trouve localisée dans les crypto-néphridies de ces organes, et elle est liée vraisemblablement à un support protéique, car on peut la mettre en évidence par l'acide acétique. Les produits d'excrétion ne révèlent pas trace de flavine.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Action des injections de chlorhydrate de morphine sur les lécithines hépatiques et cérébrales du cobaye.* Note de M. **Maurice Delaville**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nos recherches sur les destinées de la morphine dans l'organisme nous ont amené à étudier l'action de cet alcaloïde sur les lécithines hépatiques et cérébrales. Dans cette Note nous ne rapporterons que les expériences effectuées sur des cobayes de race pure. Les animaux ont été soumis à des injections de chlorhydrate de morphine à la dose de $0^{g},04$ par jour. Ils ont ainsi reçu de $0^{g},16$ à $1^{g},24$ de chlorhydrate de morphine. Ils ont été sacrifiés, étant à jeun, 24 heures après la dernière injection. Ils étaient saignés à blanc par ponction cardiaque. Les organes étaient prélevés immédiatement après la mort; un fragment de chacun d'eux était fixé dans du liquide de Bouin pour l'examen histochimique, le reste étant destiné à l'analyse chimique.

Nous avons dosé les lécithines selon la technique de Machebœuf après extraction au Soxhlet, par l'alcool puis l'éther.

La moyenne des lécithines cérébrales chez les cobayes témoins est de $26^{g},80$ pour 1000 d'organe frais, alors que chez les intoxiqués elle est de $34^{g},47$. Le taux moyen des lécithines hépatiques est de $15^{g},83$ pour 1000 d'organe frais chez les témoins et seulement de $10^{g},27$ chez les intoxiqués. Le rapport existant entre les lécithines du cerveau et les lécithines hépatiques est de 1,6 en moyenne alors qu'au cours de l'intoxication il passe de 2,7 (cobayes 40 et 42 ayant reçu $0^{g},32$ et $0^{g},72$ de chlorhydrate de

morphine) à 3,4 (cobayes 43 et 41 ayant reçu 1g,04 et 1g,24 de chlorhydrate de morphine).

L'examen de ces résultats nous permet de dégager les faits suivants :

1° Au cours de l'intoxication par la morphine, le foie s'appauvrit en lécithines alors que le cerveau s'enrichit.

2° Le rapport existant entre le taux de lécithine cérébrale et de lécithine hépatique augmente proportionnellement à la dose de morphine injectée.

Nous avons procédé à l'examen histochimique du foie des animaux intoxiqués. Les coupes, obtenues par la méthode à la congélation, ont été colorées les unes à l'hématéine-éosine, les autres au Soudan III.

En raison de la différence d'intensité des phénomènes constatés, nous étudierons d'abord les coupes des foies des deux premiers cobayes qui ont reçu une dose faible ou moyenne de morphine (0g,32 et 0g,72), puis celles des foies des deux autres cobayes ayant reçu respectivement 1g,04 et 1g,24 du sel de morphine.

A. *Foie des cobayes* 40-42. — Au petit grossissement, on trouve de loin en loin des travées de parenchyme hépatique dont les cellules renferment des globules arrondis nettement colorés par le Soudan. D'une manière générale ces gouttelettes de graisse ont environ 8-10μ de diamètre. La poussière de corpuscules soudanophiles qui s'observent souvent dans les cellules remplies de corps gras y font complètement défaut. Les travées chargées de corps gras sont d'ailleurs peu nombreuses et disséminées d'une façon irrégulière sur toute l'étendue de la coupe. Elles se trouvent habituellement en bordure des vaisseaux hépatiques; nous n'en avons pas trouvé dans le voisinage des veines centrales.

B. *Foie des cobayes* 43-44. — L'aspect microscopique des foies des deux cobayes ayant reçu une plus forte dose de morphine est sensiblement différent de celui des deux autres cobayes examinés ci-dessus.

En effet, dans ce deuxième groupe, on note que pratiquement toutes les cellules hépatiques renferment des gouttelettes soudanophiles ; mais la quantité de corps gras varie d'une cellule à l'autre dans de notables proportions. C'est ainsi qu'à côté de cellules renfermant de nombreuses gouttelettes de graisse, on en voit d'autres qui ne contiennent que quelques granulations de très petites dimensions, mais cependant très nettement colorées par le Soudan. Nous avons aussi noté une certaine différence dans la disposition topographique des travées chargées de graisses par rapport aux vaisseaux. Alors qu'elles se localisent dans le voisinage des vaisseaux

hépatiques dans le premier groupe examiné, on en trouve aussi autour des veines centrales dans le foie des animaux du second groupe.

En résumé, nous avons, par les procédés histochimiques usuels, mis en évidence dans les cellules hépatiques des animaux intoxiqués par la morphine, la présence de corps gras, dont la quantité semble proportionnelle à la dose de toxique injectée.

Nous nous sommes demandé quelle pouvait être l'explication de ce phénomène.

Deux hypothèses peuvent être envisagées : ou bien il s'agit de corps gras étrangers à la cellule hépatique et déposés dans celle-ci suivant un processus qui reste à déterminer, ou bien il s'agit de graisses appartenant à la cellule hépatique elle-même ; dans ce dernier cas, on pourrait admettre que la morphine a provoqué la dégénérescence graisseuse de la cellule hépatique ; s'il en était ainsi, le foie de nos animaux devrait présenter les signes anatomiques et histologiques de dégénérescence adipeuse, or, il n'en est rien ; ni à l'inspection du foie à l'autopsie, ni dans les coupes colorées à l'hématéine-éosine, nous n'avons relevé de lésions caractéristiques de dégénérescence graisseuse.

Ces diverses constatations nous ont amené à penser que la morphine se combine à la lécithine des cellules hépatiques et qu'il en résulte une rupture d'équilibre des complexes protéido-lipidiques du protoplasme cellulaire, ce qui a pour conséquence la libération des corps gras cellulaires émulsionnés à l'état normal par les lécithines. L'émulsion étant rompue par le départ de la lécithine, les corps gras se réunissent en gouttelettes de graisse colorables par le Soudan et visibles au microscope. Cette hypothèse s'accorde avec les résultats de l'analyse chimique qui montre un appauvrissement du foie en lécithine d'autant plus marqué que la dose de morphine administrée est plus grande, elle explique l'apparition des gouttelettes de graisse dans les cellules hépatiques en apparence normales, ainsi que le fait que le nombre de gouttelettes colorables par le Soudan est d'autant plus grand que le départ de lécithine est plus marqué.

Il semble donc qu'au cours de l'intoxication morphinique l'alcaloïde se combine à la lécithine au niveau de la cellule hépatique et qu'il y a fixation de la combinaison au niveau de la cellule nerveuse qui s'enrichit en lécithine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La supercentrifugation au froid doit conduire à la stabilisation et à la stérilisation des milieux biologiques.* Note de M. **Maurice Piettre**, présentée par M. Charles Achard.

Nous avons montré [1] que la séparation du sang en ses deux phases présentait encore deux inconvénients : la production de mousse à la sortie de la phase liquide, l'éclatement partiel des hématies pour la phase solide. Le premier vient d'être corrigé par des moyens mécaniques, le second supprimé, en collaboration avec M. L. Girard, par réduction de l'intensité des chocs des hématies contre les gouttières d'évacuation 1° en diminuant la vitesse du rotor et le débit horaire; 2° en allongeant la trajectoire des hématies hors du circuit centrifuge, d'où diminution de leur force vive; 3° en amortissant la chute de ces éléments sur un anneau de caoutchouc mousse.

Dès lors la séparation des hématies et leur lavage, sans hémolyse sensible, a lieu dans les conditions suivantes :

	Tours : min.	Champ centrifuge en dynes.	Pression en Kg/cm².	Durée de séjour dans le rotor.
Cheval	7500	1,4 : 10⁶	1,18	2 min. 30 sec.
(Bœuf, Porc, Mouton).	8000	1,6 : 10⁶	1,34	»

Ce nouveau travail condense les recherches faites, d'après la même technique, sur la séparation d'autres particules organisées (bactéries, spores, levures, etc.), ou colloïdales en suspension dans divers liquides biologiques.

Les *cultures* faites en milieux liquides à partir des principales bactéries des viandes et du lait (proteus, staphylocoque à gros grains, streptocoque de la mammite, colibacille), puis soumises à deux centrifugations successives à 45000 tours-minute, ont donné des liquides parfaitement clarifiés. Dans le cas notamment du staphylococoque et du coli, ces liquides contenaient respectivement 38 et 120 germes par dixième de centimètre cube. Une rapide filtration sur Berkfeld en a achevé la stérilisation.

La séparation des *toxines* microbiennes peut donc être obtenue par simple supercentrifugation, comme il est d'usage depuis longtemps d'ailleurs dans certains instituts. Si, au contraire, tout germe doit être éliminé, la filtration est nécessaire.

[1] Maurice Piettre, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1047.

La préparation de la plupart des *milieux liquides de culture* pourra être obtenue par centrifugation suivie de filtration évitant les stérilisations sous pression qui altèrent profondément ces milieux. La stérilisation mécanique augmente le rendement en corps microbiens faciles à isoler et en toxines plus constantes.

Faciles à éliminer en totalité par supercentrifugation, en milieux synthétiques, les *levures* sont au contraire difficiles à séparer dans les plasma végétaux, les jus de fruits, dans lesquels elles sont le plus souvent associées à des bactéries, spores, moisissures. Ce problème nous a conduit à la préparation et à l'étude de ces milieux.

Nous avons utilisé pour la désorganisation mécanique des tissus végétaux, en vue d'obtenir les jus de fruits, trois techniques bien différentes : le pressage, le broyage ou râpage et l'éclatement ([2]) cellulaire aux basses températures ou par projection forcée à travers des trémies métalliques. La teneur en colloïdes suspensoïdes (ou *charge colloïdale*) augmente dans le même ordre.

Nous avons préparé le jus d'oranges et pamplemousses par simple pressage des fruits fragmentés mais avec leur écorce, ceux de tomates et de pommes par râpage suivi de pressage.

Après passage sur tamis, les pulpes, soumises à la centrifugation à la vitesse industrielle de 23000 tours-minute, donnaient des liquides très légèrement troubles, mais se clarifiant rapidement au repos, vers 5° C. avec *floculation de la charge colloïdale* qui englobe les rares microorganismes encore présents.

Les jus, parfaitement clairs, possédant la saveur et le parfum des fruits mis en œuvre, avaient la composition suivante pour 1000^{cm^3} de jus :

	Tomates.	Pamplemousses.	Oranges.	Oranges demi-sanguines.
Densité à 20°	1088	1040	1050	1045
Acidité (en acide citrique)	4,72	10,7	7,52	7,38
pH	3,9-4	3,6	3,7-3,8	3,7-3,8
Extrait total à 105°	52,8	9,2	126	109
Cendres	4,8	1,92	4,80	3,2
Sucres réducteurs (en glucose)	33,3	51,5	49,2	47,6
Saccharose	2,2	28,9	53,2	46,2
Azote	0,65	—	0,99	1,02

Les charges colloïdales étaient respectivement par litre : $0^g,68$; $0^g,7$; $0^g,6$; $1^g,02$. Conservés sous vide, une température voisine de 0° assure la stabilité des jus clairs.

([2]) Charles Achard et M. Piettre, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 363

Voici la composition par litre des jus clarifiés, comme plus haut, provenant de pommes d'origine différente :

	Pommes françaises.	Pommes américaines, type Calville.	rouges.
Densité à 20°	1058	1062	1059
Acidité (en citrique)	3,83	1,45	4,13
pH	3,8-3,9	4,2	3,8
Sucres réducteurs (glucose)	128,2	116,3	109
Saccharose	3,1	25,3	26,6
Extrait sec total à 105°	145,3	–	–
Cendres	2,8	–	–
Azote	0,16	–	–

Sur le moût provenant des pommes françaises on a provoqué, pour se placer dans les conditions de la cidrerie, une fermentation jusqu'à ce que, en 15 jours, la densité soit tombée à 1030. Après centrifugation, la conservation facile du cidre demi-doux s'explique par l'abaissement de la teneur en azote ($0^g,039$), la disparition totale du saccharose, la réduction des sucres réducteurs ($62^g,5$), et l'extrême pauvreté en levures etc.

L'industrie des jus de fruits repose sur les conditions de base suivantes : salubrité des fruits (tout foyer d'altération est une source de pollution abondante), pureté des eaux employées pour leur lavage préalable, très grande propreté dans les diverses manipulations faites à basse température.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Production de tumeurs par régénération entretenue dans les testicules des Oiseaux.* Note [1] de MM. **Christian Champy** et **Jacques-Pierre Lavedan**, présentée par M. Jean-Louis Faure.

Lorsqu'on enlève partiellement, mais presque totalement, le testicule des Oiseaux, on sait que les débris laissés présentent une régénération intense qui les fait croître assez rapidement.

Les éléments ainsi laissés peuvent reproduire des tubes séminifères normaux, mais très souvent ils présentent des phénomènes de végétation atypique. Les plus communément observés sont la présence, à l'intérieur des tubes, de végétations conjonctivo-vasculaires formant des sortes de papillomes, la végétation sous forme de tissu aspermatogène, soit de grandes cellules épithéliformes, comme celles qu'on trouve chez les Oiseaux en hiver, soit de travées irrégulières de spermatogonies. Certaines de ces

(1) Séance du 27 juin 1938.

productions affectent la forme de nodules définis à végétation active rappelant de petites tumeurs.

Si l'on conserve plus de trois ans des animaux castrés partiellement ayant subi dans la plupart des cas des réductions *itératives* de leur reliquat testiculaire, l'on voit apparaître avec une assez grande fréquence (4 cas sur 15 animaux conservés un temps suffisant) des tumeurs véritables de la grosseur du poing ou des deux poings, remplissant toute la cavité abdominale, capables de se métastasier et tuant l'animal.

La structure de ces tumeurs qui sont des *séminomes malins* rappelle en tous points celle des végétations anormales de la régénération et montre qu'elles dérivent directement de celles-ci.

On observe dans d'autres cas la production d'embryomes à tissus multiples.

Si les embryomes sont connus dans les glandes génitales d'Oiseaux et assez fréquents pour qu'on puisse admettre qu'il s'agit d'une coïncidence favorisée peut-être par le traumatisme, il n'en est pas de même pour les séminomes, qui ne sont pas connus chez les Oiseaux.

La mise en action d'une régénération active apparaît donc bien comme leur cause déterminante, suffisant à créer le processus néoplasique. Ce qui ajoute à l'intérêt de cette constatation, c'est que, dans le cas du testicule, nous connaissons un peu les facteurs de croissance du tissu séminal et notamment le facteur hypophysaire et que l'étude de la série des processus de régénération aboutissant à la tumeur, nous permet d'entrevoir comment se fait le dérèglement de ces facteurs.

L'un de nous a déjà insisté sur l'importance des régénérations excitées de façon répétée comme cause des tumeurs et sur leur généralité (²). Il paraît intéressant de trouver ici la régénération agissant pour ainsi dire à l'état pur dans des conditions où l'on peut suivre et interpréter son mode d'action.

A 15h25m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

E. P.

(²) On trouve en fin de compte la régénération entretenue comme processus commun dans toutes sortes d'excitations très diverses qui peuvent produire des cancers : ulcérations, brûlures, gerçures sur des callosités, brûlures des rayons X, paraésitoses diverses et mêmes papillomes microbiens ou parasitaires (C. Champy, *Paris médical*, 95, 1935, p. 227, et *Bull. de la Société du Cancer*, 12, 1923, p. 111).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 JUILLET 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 30 juin 1938, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Thomas Hunt Morgan** pour occuper la place d'Associé étranger vacante par le décès de Lord *Rutherford*.

Il est donné lecture de ce décret.

MICROBIOLOGIE. — *Influence des* inoculations protégées *sur l'accession à la virulence et sur la morphologie du bacille typhique.* Note (1) de M. **Hyacinthe Vincent**.

J'ai précédemment décrit une méthode nouvelle d'inoculation permettant de vaincre, dans un grand nombre de cas, la résistance que peuvent présenter les animaux de laboratoire à l'égard de certains microbes pathogènes (2). C'est ainsi qu'il a été possible d'obtenir, par son emploi, la mort du cobaye, en 6 heures, avec infection généralisée, par un streptocoque d'origine humaine : on sait que ce microbe a très peu d'action sur le cobaye (Manfredi et Traversa).

Dans le feutrage constitué par le tampon de coton qu'elle imprègne, la culture introduite dans le péritoine de l'animal est soustraite à l'influence

(1) Séance du 4 juillet 1938.

(2) H. Vincent, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 150.

bactéricide des phagocytes et, dans une grande mesure, à celle des humeurs. Le tampon est lui-même enclos dans un cylindre de verre ouvert à ses deux extrémités. Grâce à cette protection, on facilite la prolifération du microbe en milieu vivant et son adaptation progressive, souvent rapide, à la vie pathogène par formation de générations bactériennes de plus en plus toxiques et virulentes.

Lorsque la culture initiale n'a qu'une faible activité ou si l'animal lui est trop réfractaire, il convient de neutraliser d'emblée cette résistance en recourant à des charges microbiennes plus fortes. A cet effet on utilise des tampons plus volumineux inclus dans des cylindres de verre de 5^{cm} de longueur sur 2^{cm} de diamètre. On peut même introduire dans le péritoine des animaux plusieurs de ces cylindres. Enfin on peut simultanément affaiblir la résistance de l'animal lui-même par les moyens habituels. Pour aider, en particulier, à la multiplication du bacille typhique, on injecte dans le péritoine du cobaye, soit 1^{cm^3} de solution de NaCl à 10 pour 100, pour 100^g du poids de l'animal, soit 2 ou 3^{cm^3} de culture filtrée de streptocoque.

Les expériences qui suivent ont été faites avec le bacille typhique et le bacille paratyphique A. Il est possible d'étudier au microscope, par l'examen du liquide péritonéal, les phases successives de l'infection. Au début, polynucléose et phagocytose des bacilles issus du foyer d'infection. Ensuite émission de bacilles plus actifs et plus toxigènes, échappant à la défense leucocytaire. Dans la troisième phase, la phagocytose est nulle. Par contre, on observe une prolifération intense des bacilles qui envahissent non seulement le péritoine, mais encore le sang et tous les viscères, entraînant la mort rapide, parfois presque foudroyante de l'animal.

Pratiquées en série, par transfert direct du même cylindre inoculateur (le tampon étant, chaque fois, imbibé d'un peu de bouillon neuf additionné de $1/10^e$ de sérum de cheval), les inoculations protégées manifestent généralement leur maximum d'effet pathogène dès le troisième ou le quatrième passage. Le cobaye inoculé est déjà inerte au bout de 2 heures. Sa torpeur devient bientôt totale. Si on le renverse sur le flanc, il est incapable de se relever et meurt dans cette position. A l'autopsie, il existe peu de lésions. Le péritoine contient 2 à 3^{cm^3} d'un exsudat presque translucide, souvent visqueux ([3]), extrêmement pauvre en leucocytes, mais renfermant

([3]) Ce liquide péritonéal visqueux contenait, après hydrolyse sulfurique, environ $1^g,50$ de sucres réducteurs pour 1000.

une quantité extraordinaire de bacilles. Stérilisé par agitation répétée avec un peu d'éther qu'on laisse en contact avec lui pendant 40 minutes, puis débarrassé de l'éther par aspiration à la pipette et chauffage du mélange à 40° pendant quelques minutes, le liquide péritonéal injecté aussitôt après, se montre toxique : il tue le cobaye de 200^{g} à la dose de 0$^{cm^3}$,75 et la souris, à la dose de 0$^{cm^3}$,1 à 0$^{cm^3}$,2. Quatre ou cinq gouttes injectées dans le cerveau du lapin de 1800^{g} amènent sa mort en 24 à 36 heures.

Dans des recherches déjà anciennes, j'ai montré qu'on peut conférer à des bactéries indifférentes (*B. mesentericus, B. subtilis* etc.) un haut pouvoir pathogène et toxigène, et que cette transformation s'accompagne de modifications intéressantes, morphologiques et culturales, de ces microbes. Ils donnent sur gélose des cultures absolument lisses ([1]).

Le bacille typhique, dont on a renforcé la virulence par la méthode des inoculations protégées, présente aussi certains aspects morphologiques spéciaux. Il est très court, immobile, dépourvu de cils, dans l'exsudat péritonéal. Celui-ci, étalé sur lame et desséché lentement, à froid, sans réactif fixateur ou coagulant, montre, après coloration par le liquide de Ziehl au cinquième, un très grand nombre de bacilles entourés d'une auréole ou d'une capsule non colorée et très nette. A côté de ceux-ci d'autres bacilles offrent une apparence normale, non auréolée. Tous sont de dimensions inférieures à celles des bacilles habituels.

On ne peut affirmer avec certitude que l'aspect auréolé, si insolite, du bacille typhique, lorsqu'il est ainsi cultivé *in vivo* dans le péritoine du cobaye, répond à des capsules véritables. Les méthodes de coloration autres que l'emploi du liquide de Ziehl ne les mettent pas en évidence. D'autre part l'aspect auréolé n'est pas observé dans le péritoine du lapin.

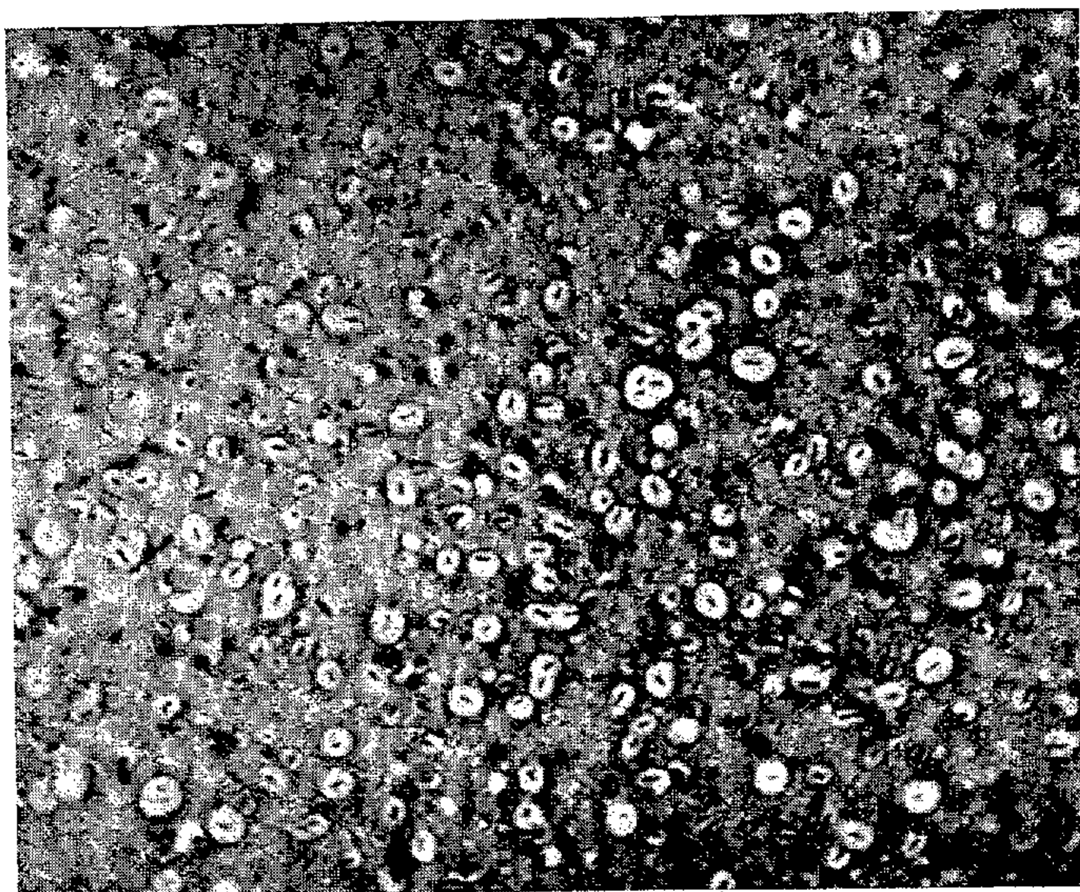
Notons cependant que, lorsque l'inoculation directe de l'exsudat péritonéal se manifeste très virulente et rapidement mortelle, les préparations microscopiques montrent la présence *presque exclusive* de ces mêmes

---

([1]) H. VINCENT, *Annales de l'Institut Pasteur*, **12**, 1898, p. 785, et *Titres et Travaux scientifiques*, 1918, p. 107. Il est signalé que les cultures sur agar de ces deux saprophytes sont devenues « *humides et glacées comme celles du bacille d'Eberth* ». En outre, les cultures en sac étaient « *de consistance visqueuse* » et les bacilles examinés au microscope « *étaient enfermés dans une sorte de gangue muqueuse* ». Ces modifications importantes, aujourd'hui classiques, survenant en fonction de la virulence acquise des agents pathogènes, ont, en conséquence, été observées depuis longtemps. Il m'a paru utile de le rappeler.

bacilles entourés d'une zone claire souvent épaisse; il n'existe aucune réaction leucocytaire.

Réensemencés en bouillon ordinaire, ces bacilles y récupèrent tous leurs



caractères morphologiques habituels (dimensions, cils), ainsi que leur mobilité. En outre, à l'inoculation, ils ont perdu une forte partie de leur virulence et de leur toxicité. C'est donc la culture *in vivo* telle qu'on vient de la décrire, qui éveille le mieux ces deux propriétés caractéristiques.

Quelle que soit l'interprétation qu'on peut leur donner, il paraît vraisemblable que les formes auréolées ou capsulées du bacille typhique sont l'expression ou la matérialisation (jusqu'ici non réalisées) du type Vi, avec antigène d'enveloppe, de ce microbe pathogène.

J'ai répété les expériences qui précèdent avec le bacille paratyphique A. Elles ont donné des résultats en tous points identiques à ceux du bacille typhique.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations de la couleur chez le Jonc et la Bourrache placés en sol calcaire.* Note de M. **Lucien Daniel**.

Parmi les facteurs qui agissent sur la couleur des plantes, on peut citer le calcaire sous ses diverses formes. J'ai observé deux cas très curieux de l'influence du mortier désagrégé sur le *Juncus capitatus* et le *Borrago officinalis*.

A l'époque où je recueillais des matériaux pour ma thèse (1888-1890), j'avais, au repos de la végétation, déterré une grande partie d'une grosse touffe de *Juncus capitatus* poussant dans un terrain marécageux argileux. La partie laissée en place me servait de témoin. Le reste fut planté, au début de mars, dans de la terre mélangée de nombreux débris de mortier très émietté, contre un mur exposé à l'Est. Ce jonc poussa lentement malgré de fréquents arrosages et ses tiges restèrent courtes et stériles. Ce résultat était à prévoir, mais il s'en produisit un autre sur lequel je ne comptais pas : ces tiges se panachèrent circulairement et présentèrent des anneaux verts et des anneaux blancs superposés. Je constatai que le pied témoin avait des tiges fertiles bien développées et de couleur normale.

Malgré sa prospérité très diminuée, le jonc panaché se maintint vivant grâce à des soins appropriés et donna les années suivantes des tiges panachées. Je le divisai à la troisième année de son existence et j'en portai deux touffes au Laboratoire de Fontainebleau où elles se sont maintenues panachées jusqu'au jour où un nouvel aide de culture non prévenu les enleva comme des mauvaises herbes et les mit au fumier. Leur panachure, leur infertilité et leur nanisme s'étaient maintenus dans cette station comme dans la première. Donc l'*hérédité végétative* de ces variations s'était montrée complète pendant la durée des observations, en deux stations différentes.

La Bourrache, plante de décombres, est commune au bord de la mer. A Erquy (Côtes-du-Nord) un mur de clôture fut établi en ciment le long d'un chemin. Des débris de mortier mêlés de cailloux de taille variée furent ramassés en une sorte de monticule irrégulier en pente douce jusqu'à la rencontre du sol normal. Il y a quatre ans, en mars, je semai sur ces débris de mortier de nombreuses graines de Bourrache que j'avais récoltées l'année précédente sur des plantes normales à fleurs bleues et à tiges et feuilles d'un vert légèrement pâle.

Ma surprise fut grande en voyant les jeunes plantes, poussant sur le

mortier presque pur, donner des feuilles et des tiges plus velues, plus pâles que celles des pieds normaux, avec des fleurs complètement blanches. Ce cas d'albinisme existe quelquefois et est plus fréquent au bord de la mer. Ce qui était remarquable et montrait bien qu'il s'agissait d'une action du calcaire, c'est que les pieds de semis germés sur la partie non calcaire du sol voisin, étaient semblables au pied originel. Il y avait entre ces deux extrêmes, selon les proportions relatives du calcaire et de la terre végétale, des pieds à teinte intermédiaire à des degrés divers entre la forme primitive et la forme albine. J'ai sélectionné cette forme. Bien isolée, elle s'est maintenue par semis à Erquy et à Rennes. Il y a eu là un cas d'*hérédité sexuée* très nette dont je me promets d'étudier la durée.

Les deux cas que je viens de signaler permettent de comprendre la fréquence plus grande de la chlorose, de la panachure et de l'albinisme au bord de la mer, fait connu depuis longtemps. Il s'explique par la présence de coquilles dans les sables éoliens qui sont transportés par le vent à des distances plus ou moins grandes du rivage, ainsi que par l'emploi, dans les cultures, des marnes ou des algues calcaires.

M. **Aimé Cotton** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de MM. R. Jouaust, M. Picard et R. Hérou, *Détermination de l'Unité de Résistance du système électromagnétique C. G. S.* (Travaux du Laboratoire Central d'Électricité), pour lequel il a écrit une *Préface*.

M. **Jules Richard** fait hommage à l'Académie de trois fascicules des *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par* Albert Ier, *prince souverain de* Monaco :

Fascicule XCVI. *Éléments des faunes terrestre et d'eau douce recueillis pendant les croisières du* Prince Albert de Monaco *et étudiés* par divers auteurs.

Fascicule XCVII. *Mémoires sur les Crustacés et Pycnogonides des croisières du* Prince Albert de Monaco par divers auteurs.

Fascicule XCVIII. *Recherches de Physiologie comparée* faites à bord de la Princesse Alice par Paul Portier.

M. **Albert F. Blakeslee** fait hommage à l'Académie des tirés à part de notes publiées par lui, en divers recueils, sur les *Chromosomes*.

NOMINATIONS.

M. A. DE LA BAUME PLUVINEL est désigné pour représenter l'Académie aux cérémonies du *Millénaire de Gerbert* (*le pape Sylvestre II*) à Aurillac, du 17 au 31 juillet 1938.

ÉLECTIONS.

M. CARL OSTEN BERGSTRAND est élu Correspondant pour la Section d'Astronomie en remplacement de M. *L. Picart* élu Membre non résidant.

COMMISSIONS.

La Commission de la fondation Villemot pour l'année 1938, constituée conformément au règlement, comprendra : MM. **A. Cotton**, **A. Béhal**, **Ém. Picard**, **A. Lacroix**; **E. Cartan**, **J. Drach**, **C. Maurain**, **J. Tilho**, **L. Cayeux**, **L. Blaringhem**, **L. Lapicque**, **M. Caullery**, **P. Portier**, **M. de Broglie**, **C. Camichel**, **R. Esnault-Pelterie**.

CORRESPONDANCE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° GOUVERNEMENT DE LA MARTINIQUE. *Le Service Météorologique et de Physique du Globe de la Martinique* (*Antilles françaises*).

2° INSTITUT INTERNATIONAL DE CHIMIE SOLVAY. Sixième Conseil de Chimie tenu à l'Université de Bruxelles du 4 au 9 octobre 1937. *Rapports et discussions sur les Vitamines et les Hormones*.

3° LADISLAS GORCZYŃSKI. *La durée d'insolation et la nébulosité de Nice et du Littoral méditerranéen.*

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur la représentation des nombres par une somme de s carrés non nuls et distincts.* Note de M. **Gaston Bennetton**, présentée par M. Paul Montel.

1. On sait que tous les nombres entiers suffisamment grands peuvent être représentés par une somme de s carrés non nuls et distincts, lorsque s est un nombre fixé au moins égal à 5; que tous les nombres impairs suffisamment grands peuvent être représentés par une somme de quatre carrés non nuls et distincts.

Les énoncés qui suivent, nouveaux à notre connaissance, donnent la limite exacte ou approchée, à partir de laquelle cette représentation est possible.

2. Voici d'abord des propositions qui concernent les sommes de quatre carrés :

Tous les nombres non divisibles par 4 et supérieurs à 157 sont des sommes de quatre carrés, non nuls et distincts.

Tous les nombres non divisibles par 8 et supérieurs à 412 sont des sommes de quatre carrés, non nuls et distincts.

Parmi les x premiers nombres entiers positifs, ceux qui ne peuvent être représentés par une somme de quatre carrés non nuls et distincts sont au nombre de

$$\frac{35}{\log 4}\log x + O(1), \qquad (1)$$

où $O(1)$ reste borné lorsque x augmente indéfiniment.

3. Dans le cas où s est au moins égal à 5, désignons par l_s le plus grand nombre qui ne peut être représenté par une somme de s carrés non nuls et distincts. Lorsque s surpasse ou égale 30, on a l'inégalité

$$l_s < \frac{s^3}{3} + \frac{31}{2}s^2 + \frac{1441}{6}s - 8426.$$

D'autres résultats plus précis sont obtenus dans le cas où s est inférieur à 30.

Reprenant le cas où s est suffisamment grand, on peut montrer que

$$l_s = \frac{s^3}{3} + \frac{s^2}{2} + o(s^2),$$

où, suivant la notation habituelle, le quotient de $o(s^2)$ par s^2 tend vers zéro lorsque s augmente indéfiniment.

4. Des résultats analogues sont obtenus dans le problème de la représentation des entiers par une somme de s carrés non nuls, distincts et premiers entre eux dans leur ensemble. Ainsi :

Toute somme de s carrés non nuls et distincts est représentable par une somme de s carrés non nuls, distincts et premiers entre eux dans leur ensemble, lorsque s est au moins égal à 5.

Toute somme de quatre carrés non nuls et distincts qui n'est pas multiple de 8 est représentable par une somme de quatre carrés non nuls, distincts et premiers entre eux dans leur ensemble.

5. Un problème plus général et moins facile est celui de la représentation des nombres par s puissances $k^{\text{ièmes}}$ positives et distinctes.

Nous désignerons par $l_{s,k}$ le plus grand nombre qui ne peut être représenté par une somme de s puissances $k^{\text{ièmes}}$ positives et distinctes, et par $\lambda_{s,k}$ le plus grand nombre qui ne peut être représenté par s puissances $k^{\text{ièmes}}$ positives, distinctes et premières entre elles dans leur ensemble.

a. $l_{s,k}$ n'existe que si s est supérieur ou égal à une quantité s_0, laquelle est au moins égale à $G(k)$, nombre usuel du problème de Waring.

b. $\lambda_{s,k}$ est égal à $l_{s,k}$ lorsque s surpasse une quantité s_1 (supérieure ou égale à s_0).

Pour $k=2$, $s_0=s_1=5=G(2)+1$.

c. La valeur asymptotique donnée plus haut pour $k=2$ s'étend au cas général

$$l_{s,k}=\lambda_{s,k}=\frac{s^{k+1}}{k+1}+\frac{s^k}{2}+o(s^k) \qquad (s\geq s_1).$$

6. Les résultats résumés ci-dessus sont obtenus, à l'exception des valeurs asymptotiques et du n° 5, par un raisonnement de caractère élémentaire suivi d'un calcul assez simple. A la base s'y trouvent l'évaluation d'une limite supérieure du nombre des décompositions de n en somme de deux carrés, à savoir $1,1\ n^{0,2}$, et le corollaire suivant du théorème de Jacobi :

Le nombre des représentations d'un entier impair n par une somme de quatre carrés premiers entre eux dans leur ensemble est au moins égal à $8(n+1)$.

Quant aux valeurs asymptotiques, elle sont une conséquence de ce

théorème que permettent d'énoncer de récents travaux de M. E. Maitland Wright (¹) :

Si s est $\geqq 4 (k=2)$, *ou si s est* $\geqq (k-2)\,2^{k-1}+5\ (k\geqq 3)$, *tout nombre n suffisamment grand peut être mis sous la forme*

$$n = \Sigma\, m_i^k \qquad (i=1,\,2,\,\ldots,\,s),$$

où les m_i *sont des entiers* distincts *qui satisfont aux inégalités*

$$m_i^k > \left(\frac{1}{s}-\varepsilon\right) n \qquad (\varepsilon \text{ quelconque positif et fixé}).$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une extension de la notion de dérivée.* Note de M. **Kyrille Popoff**, présentée par M. Paul Montel.

Nous avons défini (¹) la tangente et la normale au point $[x, f(x)]$ de la courbe $y=f(x)$ comme positions limites, pour $u=0$, des axes de l'ellipse, correspondant au moment d'inertie

$$S_2 = \int_0^u D^2\,du = \cos^2\alpha \int_0^u u^2\,du + 2\sin\alpha\cos\alpha \int_0^u u f(x,u)\,du + \sin^2\alpha \int_0^u [f(x,u)]^2\,du,$$

où l'on a posé $f(x,u)=f(x+u)-f(x)$.

La considération de la valeur minimum du moment

$$S_1 = \int_0^u D\,du = \cos\alpha \int_0^u u\,du + \sin\alpha \int_0^u f(x,u)\,du$$

détermine une droite d'équation

$$(1) \qquad \eta - f(x) = \frac{2\displaystyle\int_0^u f(x,u)\,du}{u^2}(\xi - x),$$

qui, dans le cas où la dérivée existe, tend, pour $u=0$, vers une droite

(¹) *Quart. J. Math. Oxford*, **4**, 1933, p. 37-51, et **7**, 1936, p. 230-240; *Philos. Trans. Roy. Soc. London*, A. **232**, 1933, p. 1-26.

(¹) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1440.

limite qui est la tangente à la courbe. La limite

$$(2)\qquad \lim_{u=0} \frac{2\int_0^u f(x, u)\,du}{u^2},$$

lorsqu'elle existe, détermine ainsi, au moyen du premier moment, une dérivée généralisée de la fonction $f(x)$. Cette dérivée peut exister sans que la dérivée au sens classique existe, comme on le voit sur la fonction $y = x \sin 1/x$, qui admet une dérivée généralisée au moyen du premier moment, pour $x = 0$. On démontre facilement les théorèmes suivants :

THÉORÈME I. — *Soit* $F(x) = \varphi(x) + \psi(x)$. *Si* $\varphi(x)$ *et* $\psi(x)$ *admettent des dérivées généralisées* $\varphi'(x)$, $\psi'(x)$ *au moyen des premiers moments*, $F(x)$ *admettra la dérivée généralisée* $\varphi'(x) + \psi'(x)$.

THÉORÈME II. — *Soit*

$$S(x) = u_1(x) + u_2(x) + \ldots + u_n(x) + \ldots = S_n(x) + R_n(x)$$

une série uniformément convergente dans l'intervalle (a, b) *et supposons que la série*

$$\sigma(x) = u'_1(x) + u'_2(x) + u'_3(x) + \ldots,$$

formée par les dérivées généralisées $u'_n(x)$ *obtenues au moyen des premiers moments soit convergente.* $\sigma(x)$ *sera la dérivée généralisée de* $S(x)$, *si l'on a*

$$\left|\int_0^h R_n(x, u)\,du\right| = \left|\int_0^h [R_n(x+u) - R_n(x)]\,du\right| < A_n h^2, \qquad \text{avec} \quad \lim_{n=\infty} A_n = 0.$$

M. Iaroslav Tagamlitsky nous a signalé le théorème suivant :

THÉORÈME III. — *La limite* (2) *existe certainement si la fonction continue* $f(x)$ *satisfait à la condition*

$$(3)\qquad |f(x, h)| = |f(x+h) - f(x)| < Mh,$$

et si, en outre, il existe un nombre positif a pour lequel l'expression

$$(4)\qquad f(x, h) - ah^{-1}\int_0^h \left(\frac{u}{h}\right)^{a-2} f(x, u)\,du$$

ne change pas de signe lorsque h varie.

En effet, l'expression (4) étant, au facteur ah^{-2} près, la dérivée par rapport à h de l'intégrale

$$(5)\qquad E(h) = \frac{a}{h^a}\int_0^h y^{a-2} f(x, y)\,dy,$$

dont la valeur absolue reste moindre que M, la valeur de $E(h)$ tend d'une manière monotone vers une limite $E(o)$ lorsque h tend vers zéro. Or, l'existence de la limite (5) entraîne celle de la limite (2) et vice versa. Ces deux expressions étant identiques pour $a=2$, pour le montrer, pour $a\neq 2$, considérons l'identité

$$\frac{2-a}{h^2}\int_0^h y^{1-a}\,dy\int_0^y z^{a-2}f(x,z)\,dz=\frac{1}{h^a}\int_0^h y^{a-2}f(x,y)\,dy-\frac{1}{h^2}\int_0^h f(x,y)\,dy$$

qu'on obtient en changeant l'ordre d'intégration dans l'intégrale double. En admettant l'existence de la limite $E(o)$, cette identité nous donne

$$(2-a)\,E(h\theta)=2E(h)-\frac{2a}{h^2}\int_0^h f(x,y)\,dy \qquad (0<\theta<1)$$

et

$$\lim_{h=0}\frac{2}{h^2}\int_0^h f(x,y)\,dy=E(o).$$

Pour montrer que la limite $E(o)$ existe et est égale à la limite de (2), lorsque celle-ci existe, il suffit de considérer l'identité

$$\frac{2-a}{h^a}\int_0^h\frac{dz}{z^{3-a}}\int_0^z f(x,y)\,dy=\frac{1}{h^a}\int_0^h y^{a-2}f(x,y)\,dy-\frac{1}{h^2}\int_0^h f(x,y)\,dy.$$

Par exemple, soit x_n une suite dénombrable ayant pour limite zéro. La fonction, nulle pour $x\neq x_n$ et égale à $|x|$ pour $x=x_n$; ou la fonction égale à x^2 pour $x\neq x_n$, à $1/2\,x^2$ pour $x=x_{2k+1}$, à $|x|$ pour $x=x_{2k}$, vérifient les conditions de l'énoncé autour de l'origine. Elles admettent en ce point une dérivée généralisée sans admettre une dérivée ordinaire. Le principe de condensation des singularités permet de donner des exemples où cette particularité se produit en une infinité de points.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les domaines minima dans la théorie des transformations pseudoconformes.* Note [1] de M. **Menahem Schiffer**, présentée par M. Paul Montel.

Un problème de la théorie des T. P. (transformations pseudo-conformes) est de trouver un procédé bien déterminé, qui transforme un domaine d'une classe de

[1] Séance du 4 juillet 1938.

domaines équivalents en un domaine canonique. Deux domaines $\mathcal{B}_1^4$ et $\mathcal{B}_2^4$ seront dits équivalents si $\{0, 0\} \subset \mathcal{B}_n^4$ $(n = 1, 2)$ et si l'on peut les représenter l'un sur l'autre par une T. P. (non nécessairement univalente) normée $w = \{w_1, w_2\}$, c'est-à-dire telle que l'on ait $w_k(0, 0) = 0$ $(k = 1, 2)$, $|\partial(w_1, w_2)/\partial(z_1, z_2)|_{0,0} = 1$. M. S. Bergmann ([2]), considérant ce problème, introduit des domaines minima $\mathfrak{M}_q^4 = \mathfrak{M}_q^4(\mathcal{B}^4)$, qui, par une T. P. normée, ne peuvent pas être changés en des domaines ayant un volume inférieur. Il existe toute une classe des domaines $\mathfrak{M}_q^4(\mathcal{B}^4)$, car par une T. P. avec $\left|\dfrac{\partial(w'_1, w'_2)}{\partial(w_1, w_2)}\right| = 1$ un $\mathfrak{M}_q^4(\mathcal{B}^4)$ est changé en un autre $\mathfrak{M}_q^4(\mathcal{B}^4)$. Dans quelques cas spéciaux, les $\mathfrak{M}_q^4$ sont univalents, par exemple si $\mathfrak{M}_q^4$ est un domaine cerclé. Dans cette Note, nous donnons des conditions suffisantes pour l'univalence de $\mathfrak{M}_q^4$.

Désignons par **q** l'ensemble de T. P. normées et par **f** les T. P. appartenant à **q** de la forme $w_1 = f(z_1, z_2)$, $w_2 = z_2$ et univalentes. Nous désignerons par $\mathfrak{M}_f^4(\mathcal{B}^4)$ le domaine minimum qu'on obtient, si l'on ne considère que les T. P. de la classe **f**, et par $\mathfrak{M}_q^4$ le domaine minimum mentionné de M. Bergmann. On peut considérer la question analogue dans le cas des transformations conformes ([3]). Du théorème sur la représentation d'un domaine $\mathcal{B}^2$ simplement connexe sur un cercle, il suit que $\mathfrak{M}_f^2 = \mathfrak{M}_q^2$ est un cercle. Si l'on veut démontrer ce théorème sans faire appel au théorème de la représentation sur un cercle, il faut montrer que le domaine $\mathfrak{M}^2$, dont l'existence est assurée indépendamment du dernier théorème (B_1, p. 244), est un cercle; ceci a été démontré dans le cas où $\mathfrak{M}_q^2$ est un domaine étoilé et limité par une courbe différentiable (B_2). Nous pouvons montrer que si $\mathfrak{M}_f^2$ est étoilé et borné alors $\mathfrak{M}_f^2 = \mathfrak{M}_q^2$ et que pour un domaine $\mathcal{B}^2$ de connexion quelconque on a pour $\mathfrak{M}^2 = \mathfrak{M}_f^2$ et $\mathfrak{M}^2 = \mathfrak{M}_q^2$

$$(1) \qquad \iint_{\mathfrak{M}^2} (w - w_0)^{-2}\, du\, dv = w_0^{-2} \iint_{\mathfrak{M}^2} du\, dv, \qquad w_0 \subset \overline{\mathfrak{M}^2}, \qquad w = u + iv.$$

Dans le cas de domaines doublement connexes, $\mathfrak{M}_q^2$ n'est pas univalent ([4]). Dans le cas des T. P. on sait que, pour chaque $\mathcal{B}^4$ satisfaisant à quelques conditions assez générales, il existe un $\mathfrak{M}_q^4(\mathcal{B}^4)$ (B_3 p. 663). On obtient les résultats suivants :

Nous dirons que le domaine $\mathfrak{A}^4$ satisfait à la condition A si : 1° toute

---

([2]) *Math. Annalen*, 86, 1922, p. 237-277; *Math. Zeitschr.*, 29, 1929, p. 640-677; *Sitzber. d. Berliner Math. Ges.*, 30, 1932, p. 11-13; mémoires respectivement désignés par B_1, B_2 et B_3 dans le texte.

([3]) Ici nous disons que $f(z)$ est normée, si l'on a $f(0) = 0$, $f'(0) = 1$ et f est la classe des $f(z)$ normées et univalentes.

([4]) Voir Kufareff, *Bull. de l'Inst. Math. de Tomsk*, 1, 1935-1937, p. 228-241.

intersection $\mathcal{G}^2(z_2^0)$ de $\mathcal{C}^4$ avec le plan $z^2 = z_2^0$ est un domaine simplement connexe; 2° s'il existe un nombre fini de surfaces analytiques

$$\mathcal{J}_\nu^2 = \mathrm{E}[z_1 = h_\nu(z_2)] \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, n) \quad (^2),$$

telles que, pour chaque z_2 pour lequel $\mathcal{G}^2(z_2)$ n'est pas vide, $\mathcal{G}^2(z_2). \sum_1^n \mathcal{J}_\nu^2$ ne l'est pas; 3° s'il existe un $z_2 = z_2^0$ tel que $\mathcal{G}^2(z_2^0). \mathcal{J}_\nu^2 \neq 0$ pour tous les ν. Nous disons que $\mathcal{C}^4$ satisfait à la condition B, si pour chaque couple $P_k = \{z_1^{(k)}, z_2^{(0)}\}$ $(k = 1, 2)$, il existe une courbe $\mathcal{C}^1 \subset \mathcal{C}^4$,

$$\mathcal{C}^1 = \mathrm{E}[z_1 = z_1(s), \; z_2 = z_2^0]$$

joignant les points P_k, dont la longueur est inférieure à $L|z_1^{(1)} - z_1^{(2)}|$, $L < \infty$ ne dépendant que de $\mathcal{C}^4$.

1. *Si* $\mathcal{B}^4$ *satisfait à la condition* A, *il existe* $\mathfrak{M}_f^4(\mathcal{B}^4)$ *satisfaisant aussi à* A. 2. *Si* $\mathfrak{M}_f^4$ *satisfait aux conditions* A *et* B, *on a*

$$(2) \quad \mathrm{I}_{\mathfrak{M}_f^4}[\zeta(w_1, w_2)] = \zeta(0, 0)\mathrm{I}_{\mathfrak{M}_f^4}[1], \qquad \mathrm{I}_{\mathcal{B}^4}[\ldots] = \iiiint_{\mathcal{B}^4} \ldots dx_1\, dy_1\, dx_2\, dy_2,$$

ζ *étant une fonction arbitraire bornée dans* $\mathfrak{M}_f^4$. 3. *Soit* $w^* = \{w_1^*, w_2^*\}$ *la* T. P. *changeant* $\mathfrak{M}_f^4$ *en* $\mathfrak{M}_q^4$; *si* $\mathfrak{M}_f^4$ *satisfait à* A *et* B *et si* $D^* = \partial(w_1^*, w_2^*)/\partial(w_1, w_2)$ *peut être approchée en moyenne par une suite de fonctions* ζ_n, $|\zeta_n| \leq M < \infty$ $(n = 1, 2, \ldots)$, *alors on a* $\mathfrak{M}_f^4 = \mathfrak{M}_q^4$. 4. *Si* $\mathfrak{M}_f^4$ *est étoilé et satisfait à* A *et* B, *alors on a* $\mathfrak{M}_f^4 = \mathfrak{M}_q^4$.

Idée de la démonstration :

1° Pour les T. P. $\{f_1^{(n)}, z_2\}$, on a $\mathrm{I}_{\mathcal{B}^4}[|\partial f^{(n)}/\partial z_1|^2] \leq \tau$, si les T. P. donnent des volumes voisins de la limite inférieure. On a donc (B_3, p. 683) $|\partial f^{(n)}/\partial z_1| \leq \tau \mathrm{K}(z, \bar{z})$, où $\mathrm{K}(z, \bar{z})$ est la fonction noyau de $\mathcal{B}^4$. Les $\partial f^{(n)}/\partial z_1$ forment donc une famille normale dans $\mathcal{B}^4$, d'où découle l'existence de $\lim \partial f^{(n_k)}/\partial z_1$ et, en vertu de A, l'existence de $\mathfrak{M}_f^4$.

2° De l'hypothèse A découle l'existence d'une fonction $\psi = \int \varphi dz_1$ uniforme dans $\mathfrak{M}_f^4$. De B et du fait que $|\varphi| \leq M$ on déduit

$$|\psi(w_1, w_2) - \psi(w_1^{(0)}, w_2)| \leq \mathrm{LM}\,|w_1 - w_1^{(0)}|.$$

La T. P. $w^1 = \{w_1 - \rho e^{i\chi}\psi(0, 0) + \rho e^{i\chi}\psi(w)/1 + \rho e^{i\chi}\varphi(0, 0), w_2\}$ appartient, pour ρ suffisamment petit et pour tout χ, à la classe **f**, $\mathfrak{M}_f^4$ étant un domaine minimum, on obtient par un calcul simple la relation (2).

3° On a, en vertu de (2),

$$\mathrm{I}_{\mathfrak{M}_q^4}[1] = \mathrm{I}_{\mathfrak{M}_f^4}[|D^*|^2] > \mathrm{I}_{\mathfrak{M}_f^4}[|\varphi_n|^2] - \varepsilon_1 \geq |\mathrm{I}_{\mathfrak{M}_f^4}(\varphi_n^2)| - \varepsilon_1 = |\varphi_n(0,0)|^2 \mathrm{I}_{\mathfrak{M}_f^4}[1] - \varepsilon_1.$$

4° Dans ce cas, nous approchons $D^*(w_1, w_2)$ par $D^*(\alpha_n w_1, \alpha_n w_2)$, $\alpha_n < 1$, $\lim \alpha_n = 1$. On a, si $\mathfrak{M}^*$ est obtenu par $\mathfrak{M}_f^4$ à l'aide de la contraction $w' = \alpha_n w$,

$$I_{\mathfrak{M}_f^4}[1] = I_{\mathfrak{M}_f^4}[|D^*|^2] > I_{\mathfrak{M}^*}[|D^*|^2] = \alpha_n^4 I_{\mathfrak{M}_f^4}[|D^*(\alpha w)|^2] \geqq \alpha_n^4 I_{\mathfrak{M}_f^4}[1].$$

CINÉMATIQUE. — *Extension de la formule d'Euler-Savary au mouvement le plus général d'un solide.* Note de M. **René Garnier**.

1. Lorsqu'un solide T se déplace par rapport à un solide T_1 les surfaces S liées à T occupent par rapport à T_1 des positions dont l'enveloppe est une surface S_1; soit M un point de la courbe de contact Γ de S avec S_1 en l'instant *t*. Peut-on déterminer les éléments de courbure de S_1 en M connaissant ceux de S en M et les éléments cinématiques du mouvement? (Problème I). Réduit à deux dimensions le problème se résout par la formule d'Euler-Savary. G. Kœnigs paraît être le seul géomètre qui ait abordé le problème dans toute sa généralité (¹); antérieurement (²), il avait traité un problème analogue pour les enveloppes C_1 des positions de courbes C, convenablement choisies, liées à T (Problème II).

Pour résoudre I, G. Kœnigs a donné une méthode remarquable qui introduit une construction géométrique et une formule du type Savary. Mais la méthode est inapplicable dans certains cas; de plus, elle ne constitue pas une généralisation entièrement satisfaisante de la formule de Savary. Désignons en effet par $\mathcal{C}$ le complexe des droites *g* de T normales en *t* aux trajectoires de leurs points; la normale commune à S et S_1 doit être une *g*. Cela étant, *une véritable généralisation de la formule de Savary doit être applicable à toutes les surfaces normales à une même droite g* (condition *a*).

Or, dans son mémoire cité plus haut (¹), G. Kœnigs a considéré comme impossible une telle généralisation : « pour y parvenir (à une loi de correspondance simple entre les courbures) il ne suffirait pas de grouper en un ensemble toutes les surfaces normales à une même droite ». Aussi se borne-t-il aux surfaces S telles que les réglées des normales communes à S et à l'enveloppe S_1 le long de Γ soient tangentes le long de *g*; et à chacun

(¹) *Journ. de Math. pures et appliquées.*, 6ᵉ série, 8, 1912, p. 103-158.
(²) *Savants étrangers*, 35, 1910 (1914), p. 1-215.

de ces groupements correspond une *formule de Savary;* d'ailleurs le trièdre pour lequel la formule est valable varie avec le groupement.

En réalité une telle restriction est inutile, et l'on peut obtenir entre les éléments de courbure des surfaces S et S_1, une relation simple satisfaisant à la condition *a*. Cette relation comprend comme cas particuliers les formules obtenues par G. Kœnigs pour le problème I, et aussi pour le problème II. Elle fournit en outre des résultats nouveaux relativement à la cinématique du solide. Dans cette Note je me bornerai à faire connaître les formules fondamentales.

2. La transformation qui fait passer d'une S à une S_1, d'une C à une C_1 est une transformation de contact T (permutable avec les dilatations). Dans le cas du mouvement d'un plan sur un plan la remarque précédente, combinée avec la formule qui donne l'accélération d'un point du plan mobile montre que les centres de courbure des profils conjugués se correspondent dans une homographie du type parabolique, et par cette voie on retrouve aisément la formule de Savary. Dans le cas le plus général du mouvement d'un solide, adoptons comme repère mobile un trièdre d'origine M et dont l'axe des z coïncide avec g; d'après la théorie des transformations de contact, la relation entre les éléments de courbure de S et ceux de S_1 en M_1 se traduit par une homographie H entre r, s, t, $rt - s^2$ et r_1, s_1, t_1, $r_1 t_1 - s_1^2$, et *cette homographie constitue la véritable généralisation de la formule de Savary*. Conservons pour les éléments cinématiques du mouvement en M les notations classiques ([3]) ξ, η, $\zeta(=0)$, p, q, $\zeta'(=d\zeta/dt)$; par deux méthodes différentes (soit en étendant la méthode esquissée plus haut pour le plan, soit par la méthode du trièdre mobile) nous montrons que H *peut s'écrire*

$$(1) \qquad \frac{r_1 - r}{A^2} = \frac{s_1 - s}{AB} = \frac{t_1 - t}{B^2} = \frac{-1}{\zeta' + A\xi + B\eta}$$

avec

$$A \equiv r\xi + s\eta + q, \qquad B \equiv s\xi + t\eta - p.$$

La transformation (1), régulière pour $\zeta' \neq 0$, équivaut à une substitution linéaire de diviseurs élémentaires $(\lambda - \zeta')^2$, $(\lambda - \zeta')^2$, $\lambda - \zeta'$. De la forme que nous lui avons donnée résulte aussitôt le fait suivant : pour que S et S_1 aient en M un contact du second ordre, il faut et il suffit que les éléments de courbure de S vérifient $A = 0 = B$.

([3]) Voir par exemple G. Julia, *Cours de Cinématique*, Paris, 1928, p. 34.

Forme canonique de H. — Soit K le pied sur g de la perpendiculaire commune Δ à g et à l'axe hélicoïdal instantané. Dirigeons l'axe des x de T suivant Δ; moyennant une dilatation préalable on peut supposer que S et S_1 sont tangentes en K. On a alors $p=0$, $\xi=0$ et si l'on pose

$$s'=s+\frac{q}{\eta}, \qquad s'_1=s_1+\frac{q}{\eta},$$

les équations de H prennent la forme très simple

$$\frac{r_1 t_1 - s_1'^2}{t_1}=\frac{rt-s'^2}{t}, \qquad \frac{s'_1}{t_1}=\frac{s'}{t}, \qquad \frac{1}{t_1}-\frac{1}{t}=\frac{\eta^2}{\zeta'}.$$

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Réalisation expérimentale des parois solides exemptes de couche limite.* Note [1] de MM. **Albert Toussaint** et **Moshe Gdaliahu**, présentée par M. Henri Villat.

On sait que l'action du frottement superficiel d'un fluide sur une paroi solide produit une couche limite d'une épaisseur notable. Par exemple, pour un plancher fixe, ayant 6^m de longueur dans le sens du courant et pour une vitesse relative de 50 m/sec dans l'air, cette couche limite atteint une épaisseur d'environ 7 à 8^{cm}. L'utilisation d'un tel plancher pour figurer le sol dans les essais en soufflerie, comporte donc une altération importante de l'aérodynamique des éléments du modèle se trouvant dans la couche limite ou dans sa proximité.

Nous avons cherché à supprimer la couche limite en l'aspirant d'une façon appropriée et nouvelle à notre connaissance.

Pour étudier ce mode d'absorption des couches limites, nous avons constitué l'une des parois d'une soufflerie rectangulaire par une tôle perforée recouverte d'un tissu de soie perméable. Le tissu forme ainsi le revêtement intérieur d'un côté de la soufflerie. L'aspiration s'effectue à travers ce tissu et les perforations de la couche de la tôle support.

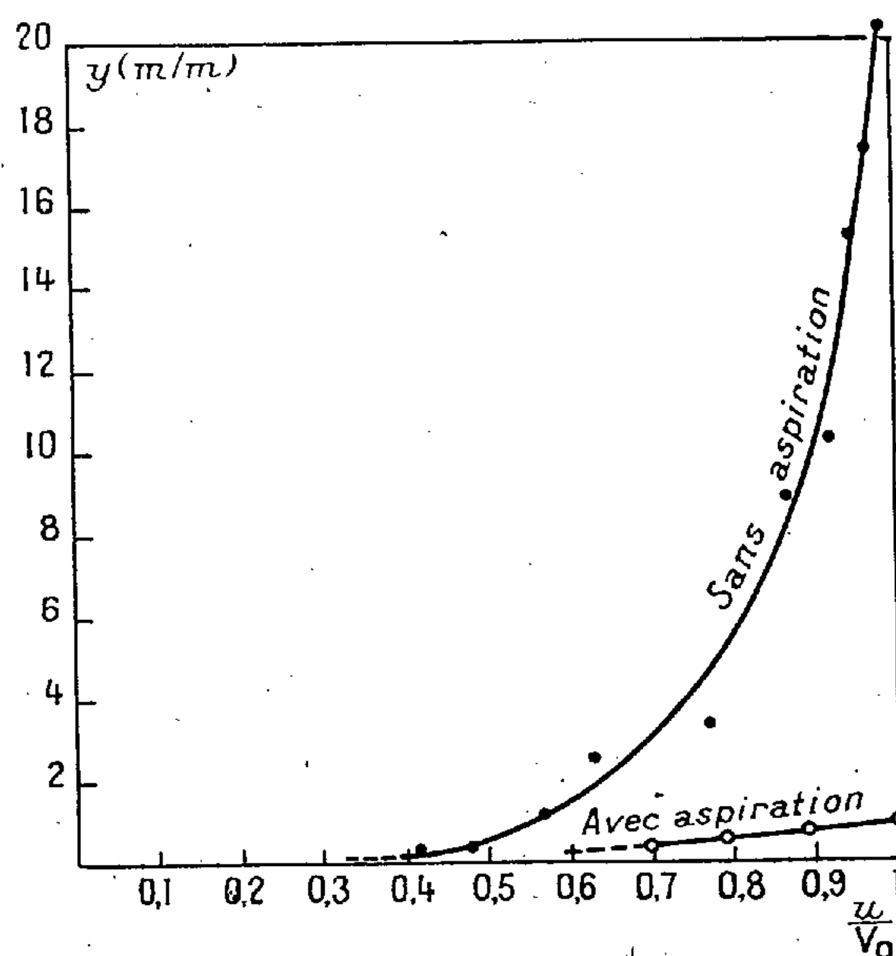
L'étude anémométrique de la couche limite a été faite avec un micropitot constitué par un tube de 2^{mm} de diamètre extérieur, aplati et effilé jusqu'à une épaisseur extérieure de $0^{mm},41$. Ce pitot était déplacé à l'aide d'un mécanisme permettant d'apprécier le $1/10^e$ de millimètre.

---

[1] Séance du 4 juillet 1938.

Sans aspiration à travers le tissu, l'étude anémométrique montre que la couche limite atteint une épaisseur supérieure à 20^{mm} à la distance de $1^m,80$ en aval de l'entrée de la soufflerie.

Avec aspiration à travers le tissu on constate pratiquement la disparition de la couche limite.



Distribution des vitesses dans la couche limite à $1^m,80$ de l'entrée de la soufflerie. ($V_0 \cong 18,50$ m/sec.)

La figure représente les résultats des mesures des vitesses en la section $1^m,80$ aval mentionnée, pour les deux conditions : sans et avec aspiration. On a porté en abscisse le rapport u/V_0 ; u étant la vitesse dans la couche limite, V_0 la vitesse générale du courant ; en ordonnée, y présente en millimètres la distance à la paroi.

Nous pensons que, suivant le même principe on pourra réaliser des planchers figuratifs du sol, des parois latérales figuratives de l'envergure infinie, des parois de soufflerie, des profils d'ailes sustentatrices et autres éléments d'aéronefs exempts de couche limite.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Une théorie ondulatoire en mécanique céleste.* Note (¹) de M. **P. Chadenson**, présentée par M. Hadamard.

Le ds^2 de la relativité généralisée définit par ses géodésiques à ds^2 positif le mouvement d'un point matériel de masse infiniment petite. Même dans le cas particulier qui conduit au ds^2 de Schwarzschild, on ne fait donc intervenir que le champ d'un corps central sans se préoccuper du champ de la masse infiniment petite dont la ligne d'Univers va être une géodésique.

En atomistique, c'est ce qui correspond au stade de l'hypothèse de Rutherford; l'introduction, incomplète d'ailleurs, du champ de l'électron planète amène alors la seconde difficulté qui est à l'origine de la théorie quantique, le rayonnement d'énergie au cours de la révolution.

Anticipant sur la vérification complète de ces résultats en relativité généralisée, il nous a semblé, grâce à des approximations sommaires sur le champ central statique du ds^2 de Schwarzschild, qu'on pouvait aussi conclure que l'introduction du champ de la planète conduirait à une dissipation d'énergie, donc à une instabilité sur l'orbite.

A ce stade une hypothèse quantique est donc nécessaire. Comme il importe de conserver la relativité généralisée, on utilisera une théorie de mécanique ondulatoire complètement relativiste que nous exposerons ultérieurement. Pour appliquer la transformation complète de Schrödinger-Dirac, il est d'abord nécessaire d'avoir une forme explicite du ds^2; même avec la forme de Schwarzschild ou de de Sitter, la transformation conduit à des problèmes mathématiques délicats.

En première approximation, on a utilisé un ds^2 qui possède par définition toutes les propriétés métriques et gravifiques des ds^2 einsteiniens, sans vérifier les 10 équations fondamentales. Pour l'obtenir, au lieu de se donner un espace à quatre variables et ses propriétés métriques par essence gravifique, on se donne une loi de gravitation et on cherche l'espace riemanien correspondant. La loi de gravitation simplifiée choisie est homologue à la loi électromagnétique en ce sens qu'elle dérive de la loi de Newton comme l'électromagnétisme dérive de la loi de Coulomb.

Le ds^2 correspondant s'obtient dès l'instant où l'on connaît les équations

(¹) Séance du 4 juillet 1938.

du mouvement sous la forme d'Euler; dans le cas particulier du champ central sphérique sans rotation, il s'écrit

$$ds^2 = -\left(c^2 - \frac{2\mu}{r}\right)dt^2 + dr^2 + r^2\,d\theta^2 + r^2\cos^2\theta\,d\varphi^2,$$

où la variable dt correspond au temps cosmique de Schwarzschild.

Ce ds^2 qui contient en première approximation les lois de Newton, puis de Laplace et Poisson, n'introduit en mécanique céleste aucune inégalité séculaire, ni des grands axes, ni des excentricités, ni des longitudes des nœuds, ni des inclinaisons, mais donne une inégalité séculaire de la longitude du périhélie qui, pour Mercure, s'établit à 28″,5, chiffre que l'on peut porter à 32″ en faisant intervenir la rotation du corps central. Ce ds^2 contient également la déviation des rayons lumineux au voisinage du Soleil ainsi que le déplacement vers le rouge des raies du spectre.

Revenant à la forme différentielle hamiltonienne, avant d'appliquer la transformation de Schrödinger-Dirac, il faut définir la constante quantique. Admettant qu'à l'échelle atomique la loi de gravitation ci-dessus définie reste valable, il s'ensuit, dans l'atome d'hydrogène, que les orbites électroniques satisfont, tant au point de vue électrique que gravifique, à la condition quantique; ces orbites resteraient donc quantiques pour le champ gravifique seul, admettant alors que la longueur d'onde du phénomène ondulatoire soit la même dans les deux cas, on trouve une valeur d'une constante quantique non plus d'action mais de dimensions L^2T^{-1}

$$H^2 = \frac{e^2}{m}\,\frac{1}{KM}\left(\frac{h}{m}\right)^2,$$

e, charge de l'électron; m, masse de l'électron; h, constante de Planck; K, constante de la gravitation; M, masse du noyau.

Remarquant alors qu'avec une constante des aires de la forme KM au lieu de e^2/m, toutes les conditions quantiques et en particulier la dimension des orbites ne font plus intervenir la masse de l'électron planète, on peut étudier la transformation de Schrödinger-Dirac dans le cas du système solaire.

Pour trouver la loi des orbites, en application du théorème d'Ehrenfest, on recherche l'équation du mouvement du centre de gravité de la probabilité, on retombe alors sur une forme simple qui n'est autre que celle rencontrée primitivement pour le rotateur de Schrödinger avec une loi arithmétique de la forme $n(n+1)$.

Substituant alors à la masse du noyau de l'hydrogène la masse du

Soleil, et utilisant la valeur numérique H trouvée précédemment dans l'atome d'hydrogène, on obtient en centimètres, pour :

$n=1-48.10^{12}$ limite supérieure de l'anneau des petites planètes; $n=2-44.10^{12}$, pour 142.10^{12} valeur moyenne rayon Saturne; $n=3$, 286.10^{12}, pour 284.10^{12} Neptune; $n=4-480.10^{12}$ pour 460.10^{12} Uranus.

Pour aller plus loin, il faut admettre un artifice de nombre quantique 1/2 qui permet, avec la loi arithmétique $n(n+1)\pm 1/2$, d'obtenir pour $n=1/2-30.10^{12}$, limite inférieure de l'anneau des petites planètes, $n=3/2-78.10^{12}$ pour $77,77.10^{12}$ Jupiter; $n=4+1/2-588.10^{12}$ pour 585.10^{12} Pluton.

En remplaçant la masse du Soleil successivement par celle de Jupiter, de Saturne, d'Uranus et de Neptune, on obtient avec la même facilité une description des orbites des satellites, l'anneau de Neptune étant donné par les deux nombres quantiques 1/2 et 1, soit $8,3.10^9$ et $13,4.10^9$ au lieu de $7,5.10^9$ et $14,2.10^9$, chiffres observés.

MÉCANIQUE ATOMIQUE. — *Théorie de la radioactivité naturelle et artificielle basée sur la constitution du noyau atomique.* Note [1] de M. **Alex Véronnet**, présentée par M. Henri Villat.

Dans une Note précédente, nous avons vu comment les noyaux de tous les atomes pouvaient se construire, mécaniquement et pratiquement, sur le même modèle que l'enveloppe des électrons extérieurs. Les électrons négatifs y seraient remplacés, sur un réseau analogue de niveaux énergétiques K, L, M, ..., et d'orbites stables, par deux constituants positifs et deux seulement, qui sont les noyaux des deux premiers isotopes de l'hydrogène, H_2^+ et H_3^+, le deuton D et le triton T.

1° *Décomposition fondamentale du triton, qui donne les rayonnements α et β.* — En établissant la constitution de ces noyaux atomiques, on constate ce phénomène remarquable que la formule des trois chefs de file des séries radioactives de l'uranium, du thorium et de l'actinium, doit s'écrire, à partir de celle du platine 196 ou 195, en saturant toutes les orbites du niveau P, rien qu'avec des tritons, comme il est indiqué dans les tableaux ci-après.

D'autre part, deux tritons, qui saturent une orbite, étant activés et per-

(1) Séance du 27 juin 1938.

turbés, se décomposent d'après la formule suivante, qui donne la clef de toutes les séries du rayonnement radioactif en rayons α et β,

$$T = PEP.EP = DEP, \qquad 2T = 2D + E + D = \alpha + \beta + D,$$

E électron, P proton, EP neutron.

Les quatre tritons de deux orbites donneront donc 2 α et 2 β, plus deux deutons, qui se fusionneront ensuite pour donner un troisième corpuscule α. C'est précisément cette double décomposition en 3 α et 2 β que nous retrouvons partout sous des formes un peu différentes : trois fois pour les six orbites de la série de l'uranium et deux fois pour les quatre orbites du thorium et de l'actinium, orbites qui doivent être libérées pour arriver au plomb inactif, isotopes 206, 207 et 208.

2° *Tableaux des décompositions radioactives et du rayonnement correspondant.*

	Orbites du niveau P →		P_1.	$P_{2.2}$.	$P_{2.1}$.	$P'_{2.1}$.	Q_1.	$P_{3.1}$.	$P'_{3.1}$.
1.	92 U 238	= 78 Pt 196 +	2T	2T	2T	2T	2T	2T	2T
	88 Ra 226	= 78 Pt 196 +	2T	2T	2T	2T	2T	$\alpha.\beta.\beta.\alpha.\alpha$	
	86 Em 222	= 78 Pt 196 +	2T	2T	2T	2T	DE	(α)	
	82 Ra D 210	= 78 Pt 196 +	2T	2T	$\alpha.\alpha.\beta.\beta.\alpha$		DE	$\alpha.\alpha.\beta.\alpha.\beta$	
	82 Ra Pb 206	= 78 Pt 196 +	2T	2D	$\beta.\beta.\alpha$				
2.	90 Th 232	= 78 Pt 196 +	2T	2T	2T	2T	2T	2T	
	86 Em 220	= 78 Pt 196 +	2T	2T	2T	2T	$\alpha.\beta.\beta.\alpha.\alpha$		
	82 Th Pb 208	= 78 Pt 196 +	2T	2T	$\alpha.\alpha.\beta.\beta.\alpha$ ou $\alpha.\alpha.\beta.\alpha.\beta$				
3.	90 Pa II 231	= 78 Pt 195 +	2T	2T	2T	2T	2T	2T	(β)
	91 Pa 231	= 78 Pt 195 +	2T	2T	2T	2T	2T	2D	D
	86 Em 219	= 78 Pt 195 +	2T	2T	2T	2T	$\beta.\alpha.\beta.\alpha.\alpha$		
	82 Ac Pb 207	= 78 Pt 195 +	2T	2T	$\alpha.\alpha.\beta.\beta.\alpha$ ou $\alpha.\alpha.\beta.\alpha.\beta$				
4.	90 Th 232	= 78 Pt 196 +	2T	2T	2T	2T	2T	2T	α
	88 Ms Th_1 228	= 6,7a +	2T	2T	2T	2T	2T	DE	β
	89 Ms Th_2 228	= 6,13h +	2T	2T	2T	2T	2T	D	β
	90 Ra Th 228	= 1,90a +	2T	2T	2T	2T	2D	2D	α
	88 Th X 224	= 3,64j +	2T	2T	2T	2T	2D		α
	86 Em 220	= 54s +	2T	2T	2T	2T			α
	84 Th A 216	= 0,24s +	2T	2T	2T	DE			α
	82 Th B 212	= 10,6h +	2T	2T	DE	DE			β
	83 Th C 212	= 61m +	2T	2T	DE	D			$\beta.\alpha$
	84 Th C' 212	= 10^{-11}s +	2T	2T	D	D			$\alpha.\beta$
	82 Th Pb 208	= 78 Pt 195 +	2T	2T					

3° *Explication des tableaux.* — La première ligne indique les orbites P, où se trouvent les constituants qui fournissent le rayonnement. Le premier indice donne le nombre k (quantum azimutal), le second le nombre q

(quantum magnétique). Au-dessous de chaque double décomposition d'orbites, on indique la suite du rayonnement α, β qui en résulte. Dans la troisième série, celle de l'actinium, on a ajouté en tête, pour la compléter, un protoactinium n° 2 hypothétique Pa_{II}.

Dans la première série, le radium 88Ra 226 doit se mettre hors série pour la symétrie. Son corpuscule α provient de l'orbite à part Q_1 qui conserve le D et E restant (éléments qui se neutralisent électriquement) pendant toute la double décomposition suivante, orbites $P_{2.1}$ et $P'_{2.1}$. Alors l'α de Q_1 et Pa_2 forme une double décomposition, qui reste d'ailleurs finalement incomplète par la conservation de 2D sur $P_{2.2}$.

La deuxième double décomposition est caractérisée, dans les trois séries, par la variante α, β du terme en C'', isotope du tantale, au lieu de β, α du terme en C', isotope du polonium.

Le dernier tableau donne la série type, complète et détaillée du thorium.

La radioactivité naturelle des derniers éléments atomiques est expliquée par le fait que le rayon externe de leur noyau rejoindrait le niveau K de l'enveloppe extérieure d'électrons. Les tritons des orbites P, activés par les rayons cosmiques, pénétreraient dans cette enveloppe, d'où perturbations, formation et expulsion des corpuscules α.

4° *Transmutations d'éléments et radioactivité induite.* — Les mêmes perturbations sont produites, sur les constituants du noyau, par les bombardements de protons, neutrons, α, etc. Tous les phénomènes de transformation et de rayonnement s'expliquent par les formules suivantes, où zA représente un atome quelconque de nombre atomique z et de masse A,

$$\alpha = \mathrm{He} = \mathrm{T} + \mathrm{P}, \qquad z\mathrm{A} + \alpha = (z - 1)(\mathrm{A} + 3) + \mathrm{P}.$$

$$\mathrm{T} + \mathrm{P} = 2\mathrm{D} = \mathrm{He} = \alpha, \qquad z\mathrm{A} + \mathrm{P} = (z - 1)(\mathrm{A} - 3) + \alpha.$$

$$\mathrm{T} + \mathrm{He} = \mathrm{DN} + 2\mathrm{D} = 3\mathrm{D} + \mathrm{N}, \qquad z\mathrm{A} + \alpha = (z + 2)(\mathrm{A} + 3) + \mathrm{N}.$$

$$\mathrm{T} + \mathrm{N} = 2\mathrm{D} + \beta = \alpha + \beta;$$

$$z\mathrm{A} + \mathrm{N} = (z + 1)(\mathrm{A} + 1) + \beta = (z - 1)(\mathrm{A} - 3) + \alpha + \beta.$$

Il pourra y avoir plusieurs périodes d'expulsion en rayons β, qui dépendront de la position du triton frappé (radioactivité induite).

On aperçoit également dans ces formules la loi de *formation très simple des atomes et de la matière*, à partir des électrons et des protons, par condensation progressive, tout comme dans le monde des étoiles.

CHALEUR. — *Le partage d'un flux de chaleur naissant à l'intersurface de deux milieux limités, en contact imparfait. Paradoxe sur la propagation de la chaleur.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons étudié (¹) le problème du partage du flux, lorsque le contact était thermiquement parfait. Le résultat obtenu était qu'alors le flux de chaleur se répartit entre les deux milieux, *à l'instant initial*, proportionnellement à $\sqrt{kc\rho}$ (k et $c\rho$ étant la conductibilité et la chaleur spécifique volumique) *sans qu'interviennent les conditions aux limites.*

Le problème est beaucoup plus difficile s'il existe entre les deux milieux une résistance de passage R par unité de surface. Nous l'avons résolu dans le cas où les résistances de passage $1/h$ et $1/h'$ de la chaleur vers l'air ambiant sont grandes devant les résistances thermiques propres l/k et l'/k' de ces milieux (ce qui suppose expressément finies les épaisseurs l et l' des milieux).

Soit $(\mathrm{A}\cos\alpha x + \mathrm{B}\sin\alpha x)e^{-\mathrm{M}t}$ la solution simple de Fourier pour le premier milieu, caractérisé par les paramètres l, k, c, ρ, h (l'origine étant prise sur la face libre); une expression $(\mathrm{A}'\cos\alpha' x + \mathrm{B}'\sin\alpha' x)e^{-\mathrm{M}t}$ lui correspondrait dans le deuxième, caractérisé par l', k', c', ρ', h'. Posant $\alpha l = u$, $\alpha' l' = \mu u$, avec $\mu = \sqrt{kc'\rho' l'^2/k'c\rho l^2}$, et $m = \sqrt{k'c'\rho'/kc\rho}$, la fonction trigonométrique relative au premier milieu s'écrit $\mathrm{A}[\cos(ux/l) + (lh/ku)\sin(ux/l)]$, u étant donnée par

$$kuh'l^2(m - \operatorname{tang} u \operatorname{tang} \mu u) + mkuhl^2(1 - m \operatorname{tang} u \operatorname{tang} \mu u) + hh'l^3(m \operatorname{tang} u + \operatorname{tang} \mu u) + m\mathrm{R}k^2u^2(u \operatorname{tang} u - h)(mku \operatorname{tang} \mu u - h'l) = mk^2u^2l(\operatorname{tang} u + m \operatorname{tang} \mu u).$$

La première racine de cette équation est infiniment petite avec h et h'. *Si* μ *est entier*, $u \operatorname{tang} u$ est, pour toutes les racines, infiniment petit avec h et h', et l'on peut écrire : $u \operatorname{tang} u \sim l(h + h')/k(1 + m\mu)$.

Pour calculer la valeur initiale du flux dans chacun des milieux, il faut (*loc. cit.*), pour chacun d'eux, calculer la dérivée, à la surface de séparation, du développement de Fourier représentant la distribution des températures en régime permanent. La difficulté provient de la disconti-

(¹) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1286.

nuité de cette dérivée. Voici comment on peut faire le calcul, sans expliciter les termes des séries, ni effectuer aucune sommation.

η étant une petite quantité positive, on connaît, dans le premier milieu, au point d'abscisse $(l-\eta)$, la valeur de la dérivée, qui est donnée par le flux Φ en régime permament. Or cette dérivée est

$$\sum\left[-\mathrm{A}\alpha\sin u\cos\alpha\eta+\left(\frac{h}{k}\right)\mathrm{A}\cos u+\mathrm{A}\alpha\cos u\sin\alpha\eta\right],$$

c'est le dernier terme qui introduit la discontinuité. On obtient, en posant

$$\left(\frac{h}{k}\right)\sum\mathrm{A}\cos u-\sum\mathrm{A}\alpha\sin u=\mathrm{Q}\qquad\text{et}\qquad\lim_{\eta=0}\sum\mathrm{A}\alpha\cos u\sin(+\alpha\eta)=\mathrm{N},$$

$$\mathrm{Q}-\mathrm{N}=\frac{\Phi}{k}. \tag{1}$$

En extrapolant le premier milieu au delà de la surface de séparation, la dérivée vaudrait $\mathrm{Q}+\mathrm{N}$, de sorte que le développement relatif au premier milieu a pour dérivée Q, à l'intersurface.

On trouve de même que la dérivée, dans le deuxième milieu, à une petite distance de l'intersurface, a une limite qui s'exprime par N et Q, et la nouvelle quantité $\mathrm{S}=\lim_{\varepsilon=0}\Sigma\,\mathrm{A}\alpha u\sin u\sin(+\varepsilon)$. Mais les termes de S sont ceux de N, multipliés par $u\tan u$. Aux infiniment petits près d'ordre supérieur, $u\tan u$ étant une constante, S se déduit immédiatement de N. Finalement, la dérivée considérée dans le deuxième milieu conduit à la deuxième équation ci-dessous entre Q et N, où Φ' est le flux en régime permanent dans le deuxième milieu

$$\mathrm{Q}+m[1+\mathrm{R}(\mu mh-h'):(1+m\mu)]\,\mathrm{N}\sim\Phi':k. \tag{2}$$

On en déduit Q, et par suite les flux *initiaux* vers chaque milieu. Vers le premier, le flux initial vaut $(\Phi+\Phi'):[m+1+m\mathrm{R}(\mu h-h'):(1+m\mu)]$, ce qui prouve, ($h$ et h' sont petits), que le flux se partage initialement selon la valeur que prend dans chaque milieu le paramètre complexe $\sqrt{kc\rho}:[1+\mathrm{R}l'c'\rho'h:lc\rho(l'c'\rho'+lc\rho)]$. C'est-à-dire, en explicitant la constante de temps T de l'échange de chaleur de l'un des milieux avec l'autre à travers le contact imparfait qui les sépare, et les constantes de temps τ et τ' du refroidissement de chaque milieu dans l'air ambiant, que le partage initial se fait, en première approximation, suivant la valeur de $\sqrt{kc\rho}:(1+\mathrm{T}:\tau)$ dans chacun des milieux.

Si le rapport μ *n'est pas entier*, l'équation donnant $u\,\mathrm{tg}\,u$ n'est sûrement

vérifiée que pour la petite racine, et le calcul tombe. Mais il faut admettre que, cependant, les conclusions subsistent, car la transmission de la chaleur ne s'accompagnant d'aucun phénomène oscillatoire, et ne pouvant introduire de valeurs critiques, le caractère non entier de μ ne peut intervenir.

Le résultat trouvé, à savoir que la loi du partage *initial* du flux dépend des conditions aux limites, est paradoxal, parce qu'on admet volontiers qu'aux premiers instants les milieux se comportent comme s'ils étaient illimités. Cette opinion, si elle cadre souvent avec les faits, est sans doute simpliste : le phénomène *initial*, en effet, se calcule à partir de *l'état de régime*, alors donc que la propagation a atteint tout le milieu. L'explication du paradoxe doit sans doute être cherchée dans ceci que, à cause du contact imparfait, le problème thermique n'est pas déterminé complètement par la donnée du flux *total* $(\Phi + \Phi')$, le rapport $\Phi : \Phi'$, dans l'état de régime, restant arbitraire. Le problème résolu était donc physiquement mal posé, et le résultat *précis* trouvé cependant pour le partage initial, et qui reste curieux, doit être rattaché, non à un fait physique, mais à une obscure propriété des équations.

Le problème étudié ici n'a rien de commun avec l'autre problème de contact imparfait traité (²) dans une Note antérieure, mais, par contre, il interviendrait dans le montage décrit (³), au cas où celui-ci serait dissymétrique.

ÉLECTRICITÉ. — *Générateurs de haute tension à courant gazeux.* Note (¹) de M. **Marcel Pauthenier**, présentée par M. Aimé Cotton.

Études générales. — Avant de poursuivre le perfectionnement des générateurs de haute tension à courant de poussière, il était indispensable d'élucider un certain nombre de questions qui ont été résolues au cours de l'année écoulée.

1° Le transport des *ions purs* par un *courant gazeux*, même en s'aidant d'effets comparables à ceux des lentilles électroniques, ne paraît rien devoir donner pour le moment (²).

(²) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 505.

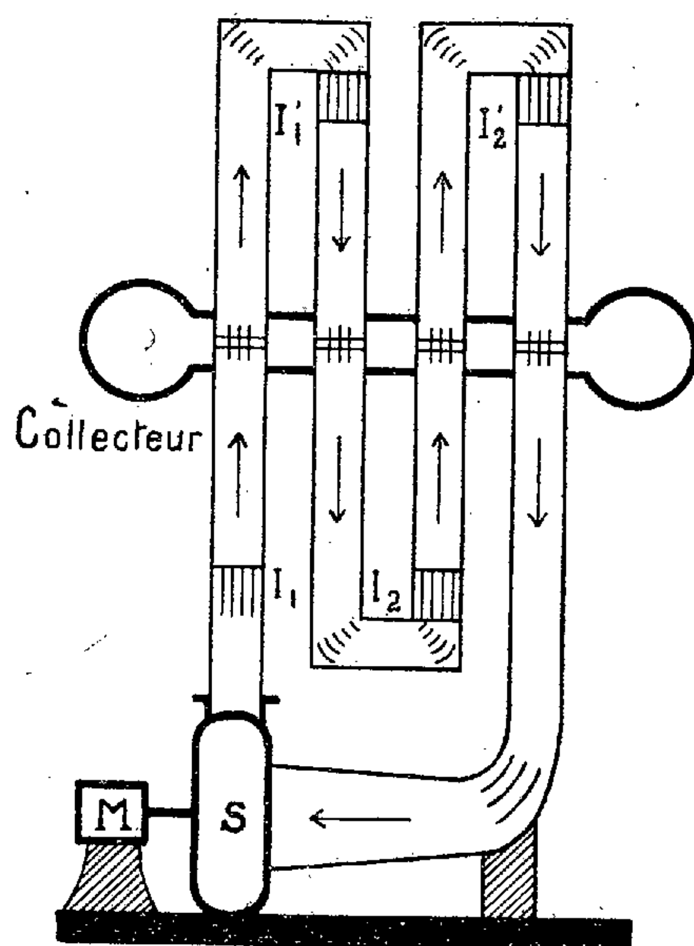
(³) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 563.

(¹) Séance du 4 juillet 1938.

(²) Mme Moreau-Hanot, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1168.

2° Le transport d'ions par *courant de vapeur* (par exemple CCl^4) entre chaudière et condenseur (méthode *a priori* assez séduisante) est sans intérêt pratique, malgré les très grandes vitesses faciles à réaliser par ce procédé (³).

3° Il convient donc de porter son effort sur les aérosols électrisés dont les particules, même très fines, sont des ions très lents par rapport à ceux des gaz et des vapeurs. La masse matérielle de ces particules, après quelques



heures d'usage, est tellement faible que les effets de la force centrifuge sont négligeables dans les conditions normales de fonctionnement, mais la décharge dans le collecteur se fait facilement et complètement sans aucun contact métallique (effet de pointes).

4° Le transport au moyen des particules *liquides* présenterait des avantages. Des recherches se poursuivent actuellement sur cette question ; mais elles ne suspendent plus celles qui se rapportent aux particules solides, tout progrès technique réalisé dans le second domaine pouvant se transporter immédiatement dans l'autre.

5° Pour conduire le courant gazeux nous désirons des tubes en une seule pièce. Le verre spécial ne peut s'exécuter pour les gros diamètres qu'en éléments soudés, et ne convient plus pour les grands débits, non plus que la porcelaine. Un produit à base de bakélite nous a donné de bons

(³) J. Virgitti, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1367.

résultats : un petit générateur d'essai ainsi équipé a fonctionné 400 heures (près de deux millions de décharges) vers 50° sans que la paroi ait perdu ses qualités.

6° Nous avons montré ([4]) que les *tensions* données par les générateurs à poussières sont pratiquement *illimitées*. Mais actuellement les tubes accélérateurs d'ions ne peuvent utiliser que quelques mégavolts. Pour réaliser de grandes puissances dans un domaine utile, il convient donc de gagner du côté des intensités de courant. J'ai vu récemment à Liége, au laboratoire de M. Morand, un générateur ([5]) à courant de poussières qui donne des résultats remarquables puisque, malgré le faible diamètre des tubes, le courant atteint un demi-milliampère tout en restant d'une parfaite régularité. Un perfectionnement notable est d'avoir réalisé un montage à double effet sur une même soufflerie.

Position actuelle de la question. — La même soufflerie dont on utiliserait le débit normal donnerait déjà le milliampère. Aux grandes vitesses aucune particule ne tient aux parois; le courant recueilli est le courant théorique. D'autre part la perte principale de puisssance dans le circuit extérieur à la soufflerie a lieu dans les parties coudées des tubes : le progrès le plus immédiat consistera donc à utiliser des coudes à persiennes, à perte aérodynamique réduite au minimum. Ils sont aujourd'hui bien étudiés. D'où la construction possible de générateurs à n tubes utilisant mieux la puissance motrice de la soufflerie, ce qui conduit par exemple à un schéma de montage figuré ci-contre. Le même courant à $\pm$ 10 KV, suivant le signe du pôle à réaliser, alimente tous les ioniseurs I_1, I_2, I'_1, I'_2.

Nous pensons ainsi, toutes choses égales d'ailleurs, recueillir sur la haute tension plusieurs milliampères pour commencer, soit plusieurs kilowatts à 2 mV. Nous passons donc au bout de deux ans environ du domaine des microampères et des watts (cf. *loc. cit.*) à celui des milliampères et des kilowatts.

Les enseignements de cette deuxième étape pourront nous conduire à des générateurs haute tension à très grande puissance. Remarquons d'ailleurs en terminant que l'*ioniseur à tubes* que nous avons choisi parce qu'il est calculable, n'est pas nécessairement le meilleur ni le plus simple. D'autre part la puissance du courant d'air est encore très mal utilisée puisque, sans

---

([4]) M. Pauthenier et Mme Moreau-Hanot, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1332.
([5]) André Raskin, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1884.

parler de la soufflerie, les *coudes* de la canalisation de gaz n'ont plus aucune nécessité théorique. Il faut évidemment tâcher de se rapprocher de la réversibilité.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la détermination rhéographique de la forme à donner aux collecteurs de haute tension*. Note de M. **Jean Virgitti**, présentée par M. Aimé Cotton.

Il a été indiqué (¹) que, dans la production des hautes tensions avec des générateurs à addition de charges, on n'est généralement limité que par les fuites. Lorsque le champ limite (30 000 volts/cm environ, dans l'air normal) n'est atteint en aucun point du collecteur de forme théorique, ces fuites sont de deux sortes :

1° les unes, qui sont dues aux conducteurs voisins, et qui peuvent être rendues négligeables en prenant les précautions convenables;

2° les autres, qui proviennent des défauts du collecteur utilisé et principalement des orifices pratiqués dans ce collecteur pour la pénétration des

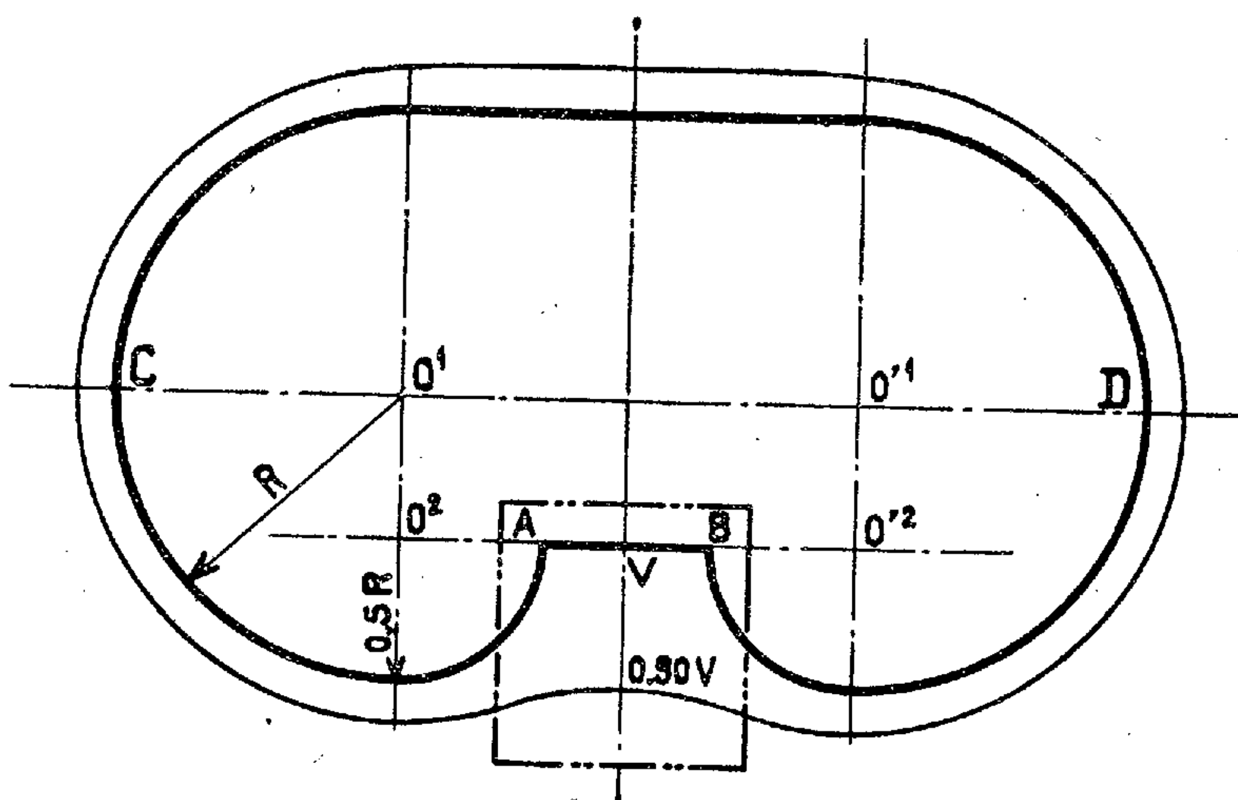


Fig. 1.

tubes-supports à l'intérieur desquels circulent les charges, et qui peuvent être réduites en opérant la pénétration du tube-support dans une région du collecteur où le champ électrostatique est aussi faible que possible.

(¹) M. Pauthenier et Mme Moreau-Hanot, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 929.

Si l'on néglige tout d'abord le champ créé par les charges contenues dans le tube-support, on est conduit à admettre que le collecteur idéal n'est pas la sphère mais le tore.

Pour des raisons de construction, on a été amené à remplacer le tore par des surfaces dérivées; par exemple celle du solide compris entre les deux plans tangents normaux à l'axe et la surface torique extérieure; la péné-

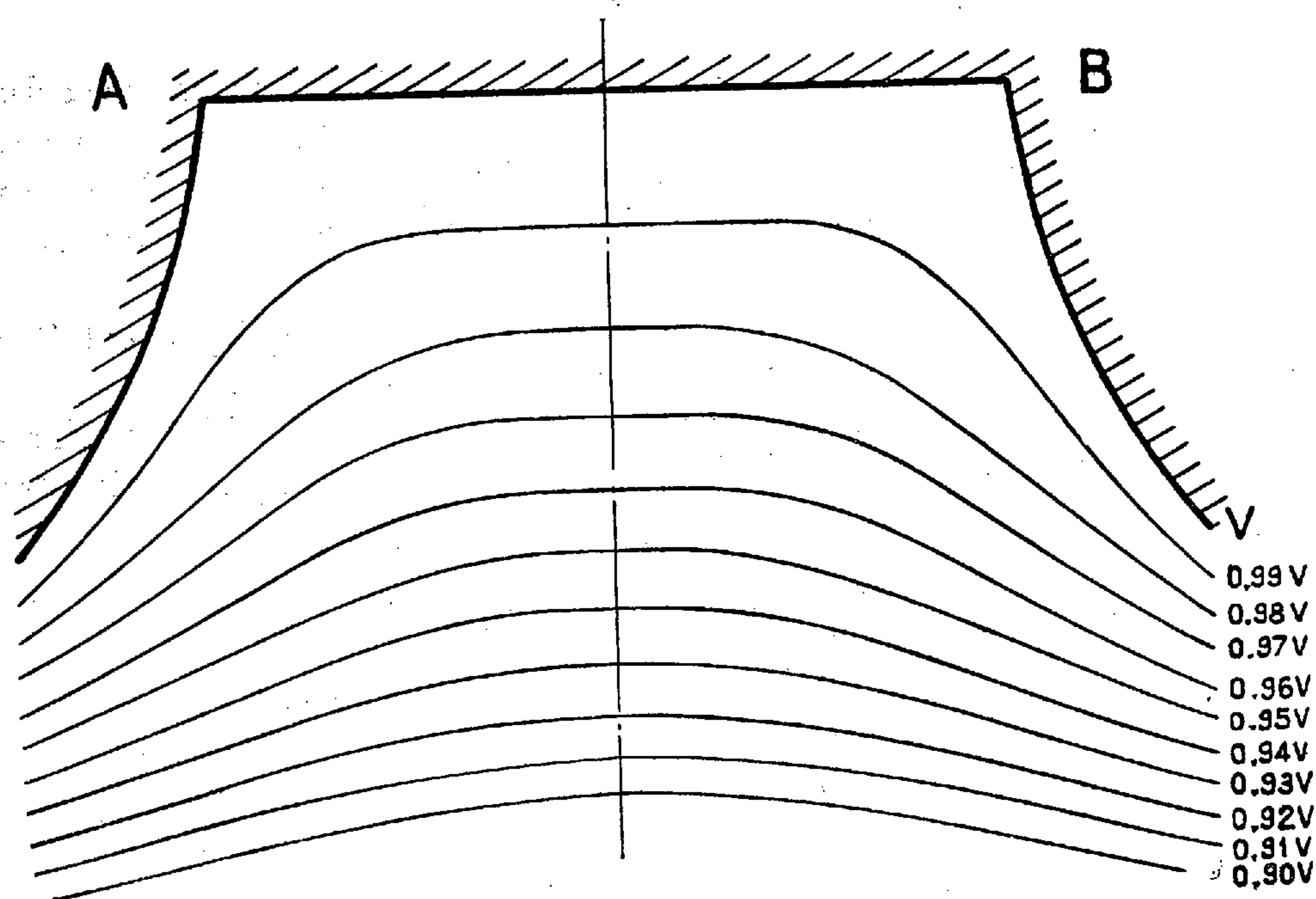


Fig. 2.

tration du support dans le collecteur se faisant suivant la normale à la partie plane où le champ électrostatique est plus faible que dans la région périphérique.

Le champ électrostatique au voisinage d'un tel collecteur peut être calculé, en remarquant que la surface du collecteur envisagée est assimilable à l'une des surfaces équipotentielles existant dans le champ créé par une circonférence portant une charge uniformément répartie [2].

Mais la détermination du champ au voisinage d'un collecteur de forme géométrique moins simple devient rapidement impossible par le calcul.

(2) Mme Moreau-Hanot, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1549.

La question se complique encore si l'on tient compte des charges contenues dans le tube-support. Aussi avons-nous pensé à utiliser à cette fin les installations du laboratoire de M. Pérès à l'Institut de Mécanique pour l'application de la méthode d'analogie rhéoélectrique ([3]). Par cette méthode on peut déterminer, en partant de quelques modèles réduits du collecteur envisagé, le champ en un point quelconque de l'espace avoisinant.

La figure 1 montre une méridienne d'un collecteur dérivé de celui qui est cité plus haut. Toutes choses égales d'ailleurs, le champ dans la région située au-dessous de AB où se ferait la pénétration du tube-support est égal aux 3/10e du champ qui règne dans la partie plane diamétralement opposée. L'amélioration est donc très sensible.

La figure 2 représente agrandie la partie méridienne dans la région située au-dessus de AB ainsi que toutes les lignes équipotentielles obtenues pour des variations de 0,1 V.

De nouvelles formes de collecteur, pour lesquelles il est tenu compte de la répartition des charges le long du tube-support, sont en cours d'étude par le même procédé.

OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES. — *Sur la propagation des ondes électriques dans les gaz ionisés compris entre deux cylindres coaxiaux.* Note ([1]) de M. **Vitale Majeru**, présentée par M. Aimé Cotton.

On a déjà étudié la propagation des ondes électriques dans un tube de Geissler placé entre les deux fils d'un pont de Lecher ([2]), le tube se trouvant quelquefois dans un champ magnétique parallèle à son axe ([3]). Dans ces conditions, on a pu montrer que les conséquences déduites de la théorie (en admettant qu'il y a dans le gaz ionisé seulement des électrons libres) sont vérifiées.

Je me suis proposé d'étudier la propagation des ondes dans l'espace négatif de la décharge continue, et ceci pour les raisons suivantes :

([3]) Cf. en particulier pour le cas des potentiels symétriques, Lucien Malavard, *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, n° 57, 1934.

([1]) Séance du 27 juin 1938.

([2]) S. K. Mitra et S. S. Banerjee, *Nature*, 136, 1935, p. 512.

([3]) S. K. Mitra et A. C. Ghosh, *Nature*, 137, 1936, p. 68; S. S. Banerjee et B. N. Singh, *Nature*, 141, 1938, p. 511.

M. Th. V. Ionescu et M[lle] Ionica Cerkez [4] ont montré que, si deux cylindres coaxiaux se trouvent dans un tube de verre où la pression a été réduite suffisamment pour que la décharge passe, et, si, en outre, le tube est placé dans un champ magnétique parallèle à l'axe des cylindres, pour une différence de potentiel définie entre ceux-ci, le courant varie avec l'intensité du champ magnétique. Il augmente rapidement avec ce champ si le cylindre extérieur est au pôle négatif et si le rapport des diamètres de ces cylindres est grand.

Des oscillateurs et des redresseurs ont été ainsi construits. Récemment F. M. Penning [5] a repris cette question en étudiant surtout le potentiel d'allumage de la décharge en fonction du champ magnétique. Il a essayé d'expliquer les phénomènes en appliquant aux cylindres coaxiaux une théorie donnée par J. J. Thomson [6] pour les électrodes planes.

Il nous a semblé que l'augmentation de la trajectoire des électrons libres envisagée par ces deux chercheurs n'est pas la seule cause qui détermine la variation du courant en fonction du champ magnétique.

D'autre part, dans la colonne négative de la décharge on a observé [7] qu'il y a de puissantes absorptions d'énergie dues aux ions négatifs, ces derniers ayant des périodes propres de vibration.

Il est possible que dans ces conditions la vitesse de propagation des ondes soit différente de celle déterminée par les électrons libres présente dans l'espace ionisé.

La disposition des appareils de mesure était la suivante :

Le courant fourni par une dynamo à 800 volts passe dans l'espace *e* compris entre deux cylindres coaxiaux de cuivre de 2^{m} de longueur, leurs diamètres étant 46^{mm} et 10^{mm}. Cet espace est limité par deux rondelles en verre p_1, p_2 collées aux cylindres à la picéine. On peut y faire le vide à l'aide d'une pompe à huile qui peut réduire la pression à 10^{-5} mm Hg.

Il est nécessaire de faire passer un courant d'eau dans le tube intérieur pour assurer le refroidissement pendant le fonctionnement (*fig.* 1). Entre les deux cylindres se déplace un condensateur double C dont les détails sont montrés par la figure 2. Le condensateur est coupé par une soudure électrique mise en série avec un galvanomètre. Un oscillateur O est couplé

(4) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1482, et 199, 1934, p. 664.

(5) *Physica*, 3, 1936, p. 873.

(6) *Conduction of Electricity through Gases*, 2, 1906, p. 332.

(7) Th. V. Ionescu et M[me] Irène Mihul, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1008.

électrostatiquement avec les cylindres. Le champ magnétique est produit par une longue bobine où l'on introduisait les tubes.

Dans la présente Note nous donnons les résultats obtenus dans l'air sans champ magnétique. Les ondes se propagent entre les tubes en cuivre et elles se réfléchissent sur le condensateur en donnant des ondes stationnaires.

La variation de la vitesse des ondes dans l'espace traversé par la décharge

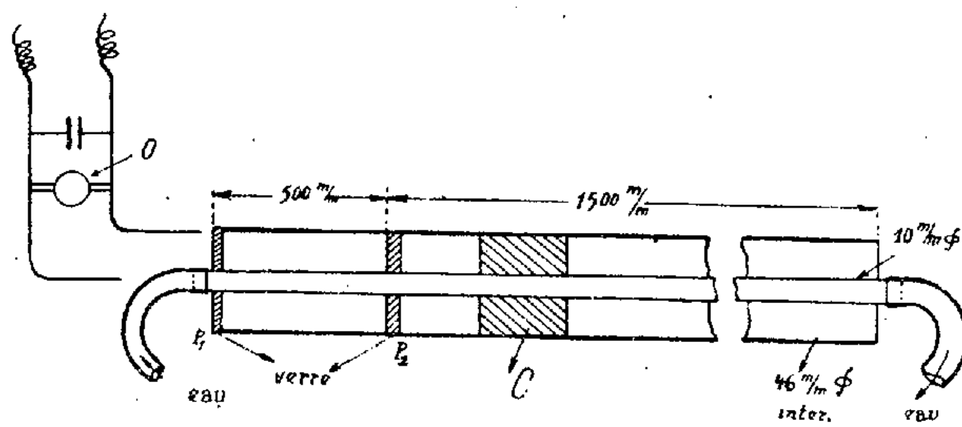


Fig. 1.

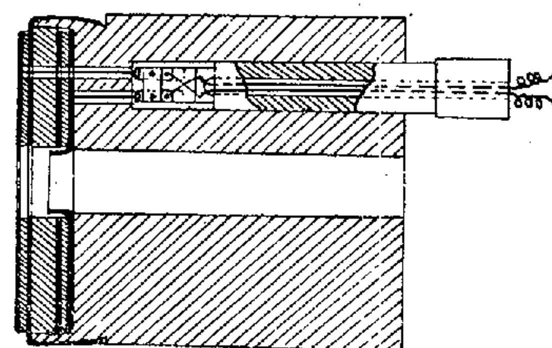


Fig. 2.

se déduit de l'intervalle x qui sépare les deux positions du condensateur à la résonance avec ou sans ionisation de l'air.

Si $l = 50^{\text{cm}}$ est la distance entre p_1 et p_2 et si n est l'indice de réfraction pour la longueur d'onde étudiée, on a

$$l(n-1) = x.$$

Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous où figurent dans les diverses colonnes : les longueurs d'onde, la pression p en mm Hg, l'intensité du courant i en ampères, la déviation du galvanomètre à la position de résonance avec ou sans ionisation (A_i et A_0), enfin les valeurs de x, n et V.

λ cm.	p mm Hg.	I amp.	A_0.	A_i.	x.	n.	V cm.
364	0,169	0,1	17,8	24	25	1,5	$2 \cdot 10^{10}$
»	»	0,2	»	25	26	1,53	$1,95 \cdot 10^{10}$
»	0,324	0,1	»	18	35	1,70	$1,76 \cdot 10^{10}$
»	»	0,2	»	14	38	1,76	$1,7 \cdot 10^{10}$
428	0,169	0,1	16	28	12	1,24	$2,43 \cdot 10^{10}$
»	»	0,2	»	17	17	1,34	$2,23 \cdot 10^{10}$
»	0,324	0,1	»	40	»	»	»
»	»	0,2	18	41	»	»	»
616	0,169	0,1	»	7,2	50	2	$1,5 \cdot 10^{10}$
»	»	0,2	»	7	52	2,04	$1,47 \cdot 10^{10}$
»	0,324	0,1	»	2,3	80	2,6	$1,15 \cdot 10^{10}$
»	»	0,2	»	1,6	83	2,66	$1,11 \cdot 10^{10}$

Ce tableau nous montre qu'il y a des longueurs d'onde pour lesquelles la vitesse est très réduite; en même temps on observe pour ces longueurs d'onde une grande absorption. Si l'intensité du courant augmente, la vitesse varie peu, mais par contre elle varie beaucoup avec la pression pour les longueurs d'onde qui donnent une grande variation de la vitesse.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Intégrale nouvelle des équations du mouvement d'une particule électrisée dans un champ électrique et dans un champ magnétique superposés.* Note de M. **Tommaso Boggio**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit une particule matérielle P de masse m, portant une charge ε, en mouvement dans l'espace, sous l'action d'un champ électrique de potentiel V, et d'un champ magnétique dont la force qui agirait sur un pôle magnétique $+1$ placé en P, ait pour vecteur $\mathbf{H}$.

L'équation vectorielle du mouvement de la particule est alors

$$m\frac{dv}{dt} = -\varepsilon \operatorname{grad} V + \varepsilon \mathbf{v} \wedge \mathbf{H},$$

où $\mathbf{v}$ est le vecteur qui représente la vitesse, à l'instant t, de la particule P; si les champs électrique et magnétique sont quelconques, on ne peut rien dire sur l'intégration de cette équation, sauf que le théorème des forces vives donne immédiatement (en faisant le produit scalaire par le vecteur $\mathbf{v}$) l'intégrale première, très connue,

$$m\mathbf{v}^2 + 2\varepsilon V = \text{const.} \tag{1}$$

Si le champ magnétique provient de plusieurs pôles magnétiques O_1, O_2, ..., O_n placés sur une même droite l, la force magnétique $\mathbf{H}$ dérive d'une fonction de la forme $U = \sum_1^n {}_i \frac{m_i}{r_i}$, où r_i est la distance O_iP, et l'on a, d'après une formule bien connue,

$$\mathbf{H} = \operatorname{grad} U = -\sum_1^n {}_i \frac{m_i(P - O_i)}{r_i^3};$$

l'équation du mouvement est alors

$$m\frac{d\mathbf{v}}{dt} = -\varepsilon \operatorname{grad} V - \varepsilon \mathbf{v} \wedge \sum_1^n {}_i \frac{m_i}{r_i^3}(P - O_i). \tag{2}$$

L'importance de l'étude de cette équation (même pour $V=0$ et $n=2$) a été mise tout récemment en évidence par M. Armellini qui (*Scienza e Tecnica*, mars 1938, publiée par la *Società italiana per il Progresso delle Scienze*) a montré tout l'intérêt qu'aurait l'intégration de l'équation (2) pour la théorie des aurores boréales.

Nous croyons apporter une contribution à ladite intégration en donnant une intégrale première nouvelle de l'équation (2).

Soient O un point quelconque de la droite l, $\mathbf{a}$ un vecteur unitaire parallèle à cette droite, et supposons que la force électrique soit constamment dans un même plan avec la droite l, c'est-à-dire $\operatorname{grad} V \times (P-O)\wedge\mathbf{a}=0$.

Dans ce cas on peut établir pour l'équation (2) une intégrale analogue à celle qui exprime le théorème des aires par rapport à un plan normal à l'axe l. En effet, dans l'hypothèse admise, on déduit de l'équation (2)

$$m\frac{d\mathbf{v}}{dt}\times(P-O)\wedge\mathbf{a}=-\varepsilon\mathbf{v}\wedge\sum\frac{m_i}{r_i^3}(P-O_i)\times[(P-O)\wedge\mathbf{a}],$$

mais il est clair que $(P-O)\wedge\mathbf{a}=(P-O_i)\wedge\mathbf{a}$; par conséquent

$$\begin{aligned}
m\frac{d}{dt}[\mathbf{v}\wedge(P-O)\times\mathbf{a}]
&=-\varepsilon\sum\frac{m_i}{r_i^3}\mathbf{v}\times\{(P-O_i)\wedge[(P-O_i)\wedge\mathbf{a}]\}\\
&=-\varepsilon\sum\frac{m_i}{r_i^3}\frac{dP}{dt}\times[(P-O_i)\times\mathbf{a}(P-O_i)-r_i^2\mathbf{a}]\\
&=-\varepsilon\sum\frac{m_i}{r_i^2}\left[(P-O_i)\times\mathbf{a}\frac{dr_i}{dt}-r_i\frac{dP}{dt}\times\mathbf{a}\right]=\varepsilon\sum m_i\frac{d}{dt}\frac{(P-O_i)\times\mathbf{a}}{r_i};
\end{aligned}$$

on conclut donc l'intégrale première

$$m\mathbf{v}\wedge(P-O)\times\mathbf{a}-\varepsilon\sum_{1}^{n}{}_{i}\frac{(P-O_i)\times\mathbf{a}}{r_i}=\text{const.}\tag{3}$$

Il est bon de remarquer que la fraction $(P-O_i)\times\mathbf{a}/r_i$ représente le cosinus de l'angle que le rayon vecteur O_iP forme avec la droite l, et que l'expression $\mathbf{v}\wedge(P-O)\times\mathbf{a}$ est le double de la dérivée, par rapport au temps, de la projection sur un plan normal à la droite l, de l'aire décrite par le rayon vecteur OP [1].

Dans le cas particulier où il existe un seul pôle magnétique placé en O,

[1] C. BURALI-FORTI e T. BOGGIO, *Meccanica razionale*, p. 298 (*Collezione Lattes*, Torino, 1921).

et où, en outre, la force électrique est constamment dirigée vers le point O, la formule précédente donne (le vecteur **a** étant désormais arbitraire) l'intégrale connue ([2])

$$m\mathbf{v} \wedge (\mathrm{P}-\mathrm{O}) - \frac{\varepsilon m_1(\mathrm{P}-\mathrm{O})}{r} = \mathbf{b},$$

où **b** désigne un vecteur constant arbitraire, et $r = \mathrm{OP}$.

On en déduit que l'angle des vecteurs P — O et **b** est constant : la trajectoire du point P est alors située sur un cône de révolution ayant pour axe la droite O**b**; on reconnaît aisément d'ailleurs que cette trajectoire est une géodésique du cône (Darboux).

En supposant en outre V = o, on tire de l'équation (2)

$$\frac{d}{dt}[(\mathrm{P}-\mathrm{O}) \times \mathbf{v}] = \mathbf{v}^2,$$

mais l'intégrale (1) exprime que $\mathbf{v}^2$ a une valeur constante c, par suite

$$(\mathrm{P}-\mathrm{O}) \times \mathbf{v} = ct + c_1,$$

d'où l'on déduit immédiatement

$$r^2 = ct^2 + 2c_1 t + c_2,$$

c_2 étant une autre constante.

Dans l'autre cas particulier de deux pôles seuls, tels que $m_2 = -m_1$, et en absence du champ électrique, l'intégrale (3) ne diffère que par la forme de celle donnée récemment par M. Agostinelli, dans une Note, sous presse, de la *R. Accademia delle Scienze di Torino*.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur les symétries du champ magnétique.* Note de M. **Émile Brylinski**, présentée par M. Charles Fabry.

On lit parfois que le champ magnétique possède un axe d'isotropie avec un plan de symétrie normal, mais qu'un champ uniforme ne possède aucun plan de symétrie passant par sa direction, ou, en d'autres termes, que le champ magnétique n'est pas modifié par un mirage par rapport à un plan normal à sa direction et qu'il est changé de sens par un mirage par rapport à un plan passant par sa direction. Cette manière de voir ne me paraît pas exacte, sauf en ce qui concerne l'existence d'isotropie.

([2]) P. Appell, *Traité de Mécanique rationnelle*, 4ᵉ édit., I, 1919, p. 373.

Pour montrer le premier point on considère un circuit électrique circulaire et le champ magnétique produit en son centre; on ajoute : « prenons le symétrique de ce courant par rapport au plan qui le contient; rien ne sera changé et le champ magnétique restera le même; cependant, si l'on représentait ce champ par une flèche, dans la transformation symétrique il aurait changé de sens ».

Si l'on prend le symétrique du courant par rapport à son plan, rien n'est changé en ce qui concerne la portion d'espace limitée occupée par le circuit. Mais le champ magnétique produit occupe tout l'espace jusqu'à l'infini; il faut donc prendre le symétrique de tout le demi-espace situé d'un côté du plan du circuit. Plaçons-y un observateur perpendiculairement à ce plan : il verra le courant électrique circuler dans un certain sens, mais l'observateur symétrique le verra circuler en sens inverse, et l'on ne peut pas dire que rien ne sera changé et que le champ magnétique restera le même.

Si le plan du circuit était un plan de symétrie pour le champ magnétique, la force magnétomotrice le long d'une ligne de champ magnétique embrassant le circuit serait nulle, alors qu'elle est égale à $4\pi I$.

L'expérience amène au même résultat, car une aiguille aimantée d'épreuve ne s'inverse pas en traversant le plan du circuit, alors qu'elle s'inverse si l'on renverse le sens du courant dans le circuit.

Il résulte de là que, si l'on représente le champ magnétique par une flèche, le changement de sens provoqué par la transformation symétrique est dépourvu de signification physique, puisque cette transformation symétrique correspond à une modification essentielle qui est l'inversion du sens du courant pour un observateur placé dans l'espace ambiant.

Conservons le même circuit circulaire pour examiner le second point. Par symétrie, toutes les lignes de champ magnétique (lignes de force) seront contenues dans des plans passant par l'axe d'isotropie perpendiculaire au plan du circuit électrique et le traversant en son centre.

Si l'on considère une ligne de champ tracée dans un de ces plans, l'orientation de ce plan est complètement arbitraire; la même ligne de champ se retrouvera donc identique dans un autre plan passant par l'axe et elle sera symétrique de la première par rapport au plan bissecteur de ces deux plans.

Il suffit de faire croître suffisamment le rayon du circuit électrique pour obtenir dans une région voisine de l'axe d'isotropie un champ magnétique pratiquement uniforme, et ce champ comportera une infinité de plans de symétrie passant par sa direction, qui est celle de l'axe.

Si l'on rapporte ces conclusions à un mirage, on constate que le champ magnétique est modifié par inversion de son sens par un mirage par rapport à un plan normal à sa direction et qu'il n'est pas modifié par un mirage par rapport à un plan passant par sa direction.

ÉLECTROCHIMIE. — *Du rôle du degré d'ionisation des électrolytes dans la structure de la couche de passage* Surface de Beilby-électrolyte. *Comparaison avec l'analyse par effet Raman.* Note de M. **Félix-Jean Taboury**, présentée par M. Aimé Cotton.

La zone de passage *Surface de Beilby-électrolyte*, obtenue par immersion d'une électrode de métal poli dans une solution, peut être étudiée, grâce à sa faible conductibilité, par une méthode dont nous avons donné le principe ([1]). Nous nous sommes préoccupé du rôle de l'électrolyte dans les propriétés de cette zone frontière entièrement située dans la solution. L'importance extrême du degré d'ionisation ressort de la comparaison des courbes de décharge des électrodes polies, du spectre Raman et de la conductibilité de chaque solution employée.

Dans la méthode décrite et à laquelle nous renvoyons pour les notations, c'est le phénomène de décharge des électrodes polies qui est le plus intéressant à ce point de vue. Il prend deux aspects très différents suivant le degré plus ou moins avancé de l'ionisation. Ainsi l'un d'eux se retrouve à la fois dans les solutions concentrées et dans l'eau de conductibilité, l'autre se manifeste seulement dans les solutions diluées d'acide sulfurique. Voici sur quels points ces deux aspects diffèrent :

A. *Cas de l'eau de conductibilité.* — Les valeurs de l'écart maximum Δv_m du potentiel de l'électrode pendant la charge, sont à peu près indépendantes du signe de la tension auxiliaire de charge V. Les courbes de décharge positives et négatives sont symétriques et très voisines d'exponentielles. La décharge est à moitié terminée en un temps de l'ordre de 15 secondes avec un diamètre d'électrode de $0^{mm},1$. Les eaux distillées ordinaires se comportent comme les solutions étendues décrites plus loin, c'est-à-dire d'une manière très différente.

B. *Cas des solutions concentrées d'acide sulfurique.* — Les résultats sont assez semblables à ceux que l'on obtient avec l'eau de conductibilité. Il y a

---

([1]) F.-J. Taboury, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1953.

symétrie entre les courbes de décharge positives et négatives, qui sont encore, en première approximation, des exponentielles. La rapidité du retour à l'équilibre est du même ordre dans le cas de l'eau de conductibilité et dans celui des acides très concentrés.

C. *Cas des solutions étendues d'acide sulfurique.* — Avec des solutions d'acide sulfurique de concentration inférieure à 50 pour 100 les résultats sont très différents de ceux qui viennent d'être signalés. Aucune similitude n'existe plus entre les courbes positives et négatives. Les branches positives conservent seules l'aspect exponentiel des précédentes. Les négatives, au contraire, traversent l'axe des $\Delta v = 0$, c'est-à-dire que l'accroissement de potentiel Δv après avoir atteint sa valeur maximum Δv_m négative, décroît en valeur absolue, s'annule, change de signe et tend vers zéro asymptotiquement par valeurs positives. Le potentiel v reprend peu à peu sa valeur initiale, après avoir été successivement plus négatif et plus positif. Ce changement de signe spontané au cours de la décharge est d'autant plus important que la tension auxiliaire de charge V est plus forte.

Ce dernier aspect de la décharge semble lié à la présence d'une quantité importante d'ions dans la solution. Si l'on considère en effet des électrolytes de plus en plus dilués, on constate que le phénomène n'apparaît qu'à partir d'une certaine concentration; son intensité croît alors avec le degré d'ionisation. On détermine celui-ci, soit par l'étude du spectre Raman, soit par celle de la conductibilité de chaque solution.

On sait que le spectre Raman des solutions concentrées d'acide sulfurique est différent de celui de ses solutions diluées, et que l'on doit voir là une conséquence de l'ionisation progressive des solutions par dilution. Deux raies de fréquence 450 et 985 cm^{-1}, attribuables aux ions $(SO^4)^{--}$, apparaissent pour des teneurs en acide de l'ordre de 40 à 50 pour 100, pour lesquelles se produit également le changement d'aspect de la décharge.

D'autre part, la courbe des conductibilités équivalentes des solutions d'acide sulfurique en fonction de leurs concentrations est formée de deux tronçons se raccordant justement pour ces mêmes concentrations. L'un d'eux est presque rectiligne et correspond aux solutions diluées; l'autre est très voisin d'un arc d'exponentielle et correspond aux solutions concentrées.

Il y a donc lieu de supposer que le deuxième aspect de la décharge n'apparaît que lorsque la dissociation commence à être notable et atteint son maximum d'intensité lorsqu'elle est complète. La structure de la

couche de passage *Surface de Beilby-électrolyte* doit donc dépendre dans une large mesure de la nature de la solution, et tout particulièrement de son degré d'ionisation.

MAGNÉTISME. — *Anomalie thermomagnétique présentée à la température ordinaire par les ferromagnétiques microcristallins.* Note (1) de M. **André Michel** et Mlle **Marguerite Gallissot**, transmise par M. Pierre Weiss.

Il a été montré (2) que, pour un composé ferromagnétique, il existait un rapport très étroit entre la forme de la courbe thermomagnétique et l'état de cristallisation, en particulier que l'allure hyperbolique ou rectiligne caractérisait un produit microcristallin.

On peut interpréter ces formes particulières de courbe aimantation-température en conservant à l'aimant élémentaire sa loi normale de variation d'aimantation en fonction de la température, et en considérant que, du fait de la cristallisation imparfaite, chaque cristallite possède un point de Curie propre, variable d'un cristallite à l'autre, mais situé à une température toujours inférieure à celle du point de Curie normal. Le point de Curie serait à une température d'autant plus basse que le cristallite est moins bien cristallisé. A une température donnée, l'aimantation n'est que la somme des aimantations élémentaires dont la grandeur varie d'un point à un autre puisque le cristallite est plus ou moins éloigné de son point de Curie propre. Les différentes formes de courbe s'interprètent facilement : on reproduit l'hyperbole en admettant que les points de Curie à basse température prédominent, l'allure rectiligne en les échelonnant régulièrement avec la température, et la forme parabolique en les groupant un peu en dessous de la température du point de Curie normal.

Si l'on admet pour le phénomène du point de Curie le mécanisme proposé par Forrer (3), on est conduit à fixer une température d'environ 20°C. comme limite inférieure des points de Curie. Par conséquent, en dessous de cette température, aucun des cristallites n'a atteint son point de Curie

---

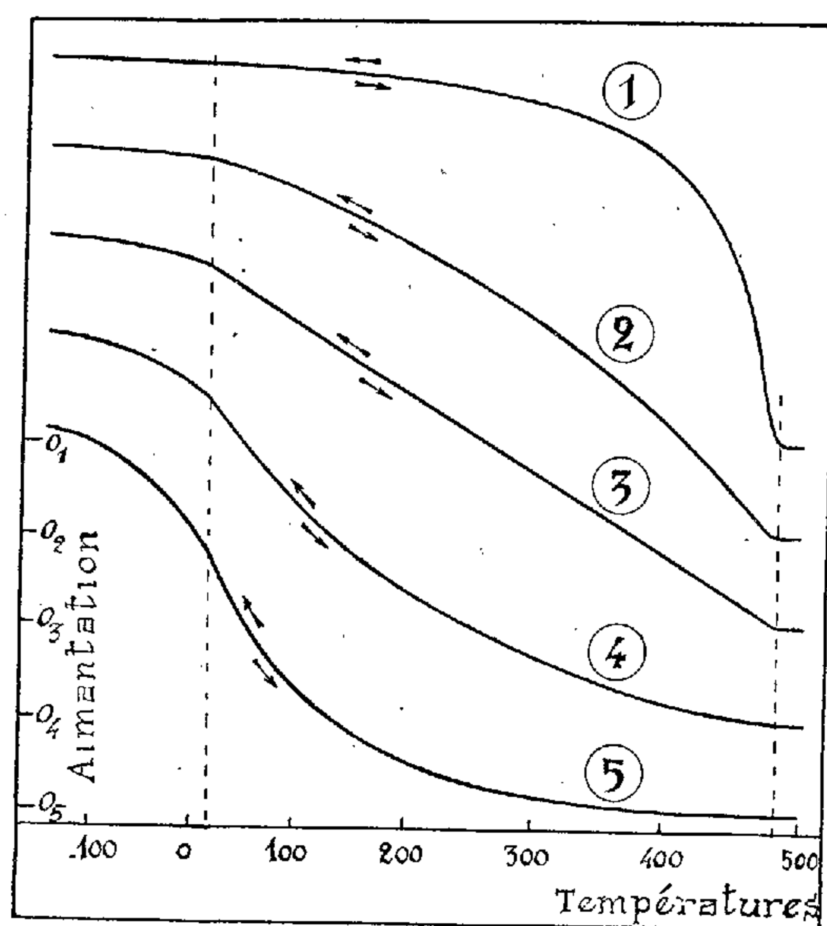
(1) Séance du 4 juillet 1938.

(2) A. Michel et G. Chaudron, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 2171; A. Michel, *Thèse*, Paris, 1937; *Ann. de Chimie*, 11e série, **8**, 1937, p. 317; A. Michel et Mlle M. Gallissot, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1252.

(3) R. Forrer, *J. de Phys.*, 7e série, **4**, 1933, p. 109, 186, 427, 501.

et le composé ferromagnétique doit recouvrer sa loi normale d'aimantation : on prévoit ainsi théoriquement que, vers la température ordinaire, une anomalie doit apparaître sur les courbes thermomagnétiques des composés microcristallins.

En étendant le domaine d'investigation de l'analyse thermomagnétique jusqu'à la température de l'air liquide, nous avons pu étudier quelques ferrites et oxydes. D'une manière générale, alors que ces corps, bien cristallisés, ne présentent aucune anomalie, un changement d'allure extrêmement net apparaît aux environs de 20°C. lorsqu'ils sont microcristallisés. La figure reproduit quelques enregistrements.



Ferrite de cuivre recuit.

1, 1 heure à 1000°; 2, 6 heures à 700°; 3, 1 heure à 700°; 4, 6 heures à 500°; 5, 10 minutes à 500°.

Il faut remarquer que, au-dessous de cette température, pour les produits très fins, l'approche des premiers points de Curie provoque une décroissance de l'aimantation plus rapide qu'il n'est normal, et il faut atteindre une température assez basse pour se libérer de ce phénomène. Cette influence diminue évidemment lorsque le produit est mieux cristallisé.

Pour les ferrites de nickel, de cuivre, pour la magnétite, le sesquioxyde de fer cubique, l'anomalie se traduit par un changement du sens de courbure ; il n'en est pas de même pour les ferromagnétiques *durs* comme Fe^2O^3, MgO. Ce ferrite bien cristallisé présente une courbe thermo-

magnétique rectiligne depuis —150° jusqu'à 300° environ, où intervient une chute brutale vers le point de Curie. Dans ces conditions, il n'est pas étonnant de constater que le ferrite de Mg microcristallin dont la courbe au-dessus de 20° est hyperbolique, montre en dessous de cette température une variation linéaire, courbe normale dans ce cas.

Une preuve nouvelle a pu être apportée à l'appui de notre interprétation des phénomènes. Alors que le ferrite de Mg bien cristallisé donne une courbe dilatométrique présentant un changement de direction au point de Curie (315°), le ferrite microcristallin possède une courbe régulière où apparaît seulement une variation de pente, à l'exclusion de toute anomalie. On ne peut plus parler d'un seul point de Curie, mais d'une zone de température dans laquelle les différents cristallites deviennent paramagnétiques.

Il faut distinguer nettement entre les deux causes qui peuvent donner aux courbes thermomagnétiques une allure hyperbolique : ce peut être une hétérogénéité chimique comme l'ont décrit Chévenard (14ᵉ *Congrès de Chim. Industrielle*, Paris, 1934), puis Marian ([3]). Ce peut être une hétérogénéité physique, en l'espèce des différences d'état de cristallisation, comme nous venons de le montrer.

DIFFUSION MOLÉCULAIRE. — *Diffusion moléculaire de la lumière par les liquides : Variation de l'intensité diffusée avec la longueur d'onde.* Note de MM. **Auguste Rousset** et **Robert Garnier**, présentée par M. Charles Fabry.

I. On admet généralement que la formule de Vessot-King

$$R = \frac{\pi^2}{2\lambda^4} k T \beta (\mu^2 - 1)^2 \frac{6(1+\rho)}{6-7\rho}$$

représente correctement la diffusion de la lumière visible par les liquides, sauf dans le cas des carbures benzéniques qui diffusent plus de lumière que n'indique cette formule ([1]).

D'autre part, Turner ([2]) a étudié sur le benzène la variation de R avec la

([3]) V. Marian, *Thèse*, Strasbourg, 1936.

([1]) J. Cabannes, *La diffusion moléculaire de la lumière*, Paris, 1929, p. 213 et 235.

([2]) *Inaugural Dissertation*, Berlin, 1935.

longueur d'onde incidente dans l'intervalle spectral 365-644$^{m\mu}$. Il a trouvé une augmentation rapide de la diffusion avec la fréquence dont le terme en $(\mu^2-1)^2\lambda^{-4}$ de la formule de Vessot-King ne rend pas compte. Ainsi le produit $R\lambda^4$ pris égal à 1 pour $\lambda\,546^{m\mu}$ vaut, pour $\lambda\,365^{m\mu}$, 1,20 d'après la formule et 1,70 d'après ses mesures.

Au cours de ce travail nous nous sommes proposé de vérifier si, pour le benzène, la variation de R avec la longueur d'onde diffère de celle des autres liquides. Pour cela, nous avons comparé l'intensité de la diffusion de la lumière par le benzène à celle de trois liquides, le tétrachlorure de carbone, l'acide acétique, l'alcool éthylique (très différents soit par l'anisotropie, soit par la réfractivité) pour les radiations 546, 436, 405-407 et 365$^{m\mu}$ de l'arc au mercure.

II. *Méthode expérimentale.* — Soit à comparer la diffusion des radiations de longueurs d'onde λ et λ' par deux liquides A et B. Sur un même cliché, on photographie avec des temps de pose différents, une série de spectres de la lumière diffusée par A, puis par B. Par photométrie photographique, on détermine les rapports r et r' des intensités diffusées par A et B pour chacune des deux longueurs d'onde λ et λ'. Soient μ_A, μ'_A, μ_B et μ'_B les indices des deux liquides pour les radiations λ et λ'. *Le produit*

$$P=\frac{r}{r'}\left[\frac{(\mu_B^2-1)(\mu_A'^2-1)}{(\mu_A^2-1)(\mu_B'^2-1)}\right]^2$$

doit être égal à 1 *si, pour ces deux liquides, la constante de Lord Rayleigh* R *est liée à la longueur d'onde par une formule genre Vessot-King* (³)

$$R=K(\mu^2-1)^2 f(\lambda),$$

où K *est indépendant de la longueur d'onde et* $f(\lambda)$ *indépendant du liquide.*

Les liquides, soigneusement distillés, sont contenus dans des tubes en pyrex de grande capacité (400$^{cm^3}$) qui permettent une complète élimination de la lumière parasite. On éclaire le liquide, à travers un condenseur largement ouvert, par un arc au mercure placé au-dessus du tube : le faisceau incident est donc vertical et, dans le faisceau diffusé à angle droit, la vibration I est horizontale. Ce faisceau diffusé est projeté sur la fente d'un spectrographe à travers un polariseur qui ne laisse passer que la vibration horizontale, perpendiculaire aux arêtes des prismes du spectrographe. Ainsi, *pour toutes les radiations*, par réflexion sur les faces des

(³) *Journal of Physical Chemistry*, 26, 1922, p. 75.

prismes, on obtient la même réduction de l'intensité du faisceau, *quel que soit le facteur de dépolarisation de la lumière diffusée.*

La méthode de photométrie photographique conduit ici à des résultats très précis. En effet, en choisissant l'émulsion photographique et en absorbant au besoin, en partie, l'une des deux radiations à comparer, on peut toujours ramener la mesure des rapports r et r' à la comparaison des courbes de noircissement des plaques photographiques dans leurs parties rectilignes, et cela avec des temps de pose peu différents.

III. Résultats et Conclusions. — *Nous avons trouvé que les produits* P, *quels que soient les liquides* A *et* B *et les longueurs d'onde* λ *et* λ' *que l'on compare, sont sensiblement égaux à* 1. Pour deux liquides et deux longueurs d'onde déterminés, la valeur moyenne de ces produits, tirée de mesures sur différents clichés, ne diffère pas de l'unité de plus de 3 pour 100. *Nous pouvons donc conclure que, dans l'intervalle spectral* 365-546$^{m\mu}$, *l'intensité de la diffusion moléculaire varie suivant la même loi, aussi bien pour le benzène que pour les liquides non aromatiques que nous avons étudiés.*

Nous ne pouvons donc pas adopter la conclusion de Turner, qui, dans le cas du benzène, fait intervenir une loi de dispersion impossible d'ailleurs à justifier théoriquement.

Il existait deux mesures absolues de l'intensité de la lumière diffusée par les liquides : l'une de Martin et Lehrman ([4]), sur l'éther, qui donne $R = 9,2 \times 10^{-6}$ ($\lambda\, 436^{m\mu}$), l'autre de Cabannes et Daure ([4]), sur le benzène qui donne $R = 10,7 \times 10^{-6}$($\lambda\, 544^{m\mu}$). La loi en λ^{-4} permet de passer de l'une des radiations à l'autre et conduit, pour le benzène et la radiation $436^{m\mu}$ à la valeur $R = 27,3 \times 10^{-6}$. Si l'on calcule, *a priori*, d'après la formule de Vessot-King, le rapport entre l'intensité de la lumière diffusée par le benzène et l'intensité de la lumière diffusée par l'éther, on trouve un nombre voisin de 2,9, qui montre l'accord de ces deux mesures absolues.

D'autre part, tout récemment, Peyrot ([5]) a obtenu pour le benzène, $R = 33,8 \times 10^{-6}$ ($\lambda\, 436^{m\mu}$). Cette valeur, que son auteur ramenait à celle de Cabannes et Daure par la loi de dispersion de Turner, nous apparaît dès lors trop forte ([6]).

([4]) *Comptes rendus,* **184**, 1927, p. 520.

([5]) *Annales de Physique,* 9, 1938, p. 335.

([6]) Plusieurs auteurs ont cherché à mesurer le rapport de l'intensité diffusée par le benzène à celle diffusée par l'éther, mais les résultats sont trop discordants pour qu'on puisse en faire état; ils vont de 3,57 (Parthasarathy) et 3,57 (Peyrot) à 2,82 (Martin et Lehrman).

En définitive, il n'y a pas de raison de supposer que la formule de Vessot-King ne rende pas compte de la diffusion de la lumière par le benzène.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'émission de l'ozone dans la région ultraviolette.* Note de M. **Joseph Janin**, présentée par M. Charles Fabry.

Le dispositif utilisé comprend un ozoniseur de Berthelot, en verre pyrex, portant à l'une de ses extrémités une fenêtre de silice fondue. Cet appareil, disposé horizontalement et refroidi par de la glace carbonique, est traversé par un courant d'oxygène électrolytique privé d'hydrogène et de vapeur d'eau, mais contenant cependant une très faible quantité d'azote. La décharge silencieuse, qui s'accompagne d'une luminescence bleutée, est obtenue à l'aide d'un transformateur approprié (15000 volts). Le spectre du rayonnement ainsi produit a été photographié sur plaques Guilleminot Super-Fulgur (poses de 4 à 8 heures), au moyen d'un spectrographe à grande ouverture (F/3,5), mais peu dispersif (environ 50 Å par millimètre entre 3650 et 3130 Å).

On observe sur les clichés un *spectre continu* sur lequel se détachent de nombreuses *bandes d'émission*. Le spectre continu semble limité, vers l'ultraviolet, par l'absorption de l'ozone (bande de Hartley) et, du côté des grandes longueurs d'onde, par la baisse de sensibilité des plaques. Son intensité semble liée à celle des bandes susceptibles d'être attribuées à l'ozone. En effet, elle diminue considérablement lorsque les conditions expérimentales sont telles que les bandes de l'azote deviennent très intenses, et que la plupart des bandes de l'ozone ne peuvent plus être distinguées.

L'étude des clichés au microphotomètre enregistreur a permis de déterminer, avec une précision de l'ordre de l'angström, les longueurs d'onde des bandes d'émission, parmi lesquelles on reconnaît immédiatement la présence (avec une intensité relative très variable) du second système positif de l'azote. D'autres bandes, dont l'aspect est à peu près symétrique, appartiennent très probablement à l'ozone. La plupart d'entre elles figurent d'ailleurs dans les listes de bandes d'émission de l'ozone publiées par Stark (décharge sous faible pression) (1) et par Stuchtey (décomposition ther-

(1) *Annalen der Physik*, 43, 1914, p. 319.

mique de l'ozone) (2). Les longueurs d'onde de ces bandes sont rassemblées dans le tableau ci-dessous; les intensités ont été estimées d'après le contraste par rapport au spectre continu. Le signe * indique la possibilité d'une superposition avec une bande de l'azote.

Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.
1...	3053	2...	**3200**	4...	**3272**	4...	3419	2...	3610	4...	4082
2...	3065*	1...	3205	4...	**3278**	3...	3428	3...	3616	5...	4095*
2...	3072	4...	3214	3...	3287*	2...	**3440***	1...	3659	3...	4107
2...	3095	2...	**3220***	1...	**3305**	1...	**3473***	3...	3679	3...	4153
2...	3147*	3...	**3226**	1...	**3312***	1...	3488	4...	3698	3...	4217
5...	**3157***	2...	3231	2...	3321	1...	**3514**	2...	3725	2...	4452
3...	3164	3...	3237	1...	3354	2...	3524	3...	3764	1...	4460
4...	**3170**	5...	3242	3...	3389	2...	3596	2...	3827	1...	4520
4...	**3175**	5...	**3248**	4...	**3399**	2...	3603	4...	3908	1...	4533
4...	**3193**	3...	3262*	4...	3415						

Il est intéressant de constater que certaines des bandes observées coïncident approximativement avec les principaux maxima d'absorption de l'ozone, d'après Ny-Tsi-Zé et Choong-Shin-Piaw (3). Ce sont celles dont la longueur d'onde est indiquée en caractères gras. Mais beaucoup d'autres, comprenant notamment les bandes les plus intenses observées par Stark (par exemple 3214, 3237, 3415, 3419Å etc.), semblent étrangères au système des bandes de Huggins; elles correspondent sans doute à un degré d'excitation plus élevé.

PHYSIQUE ATOMIQUE. — *Principe d'une nouvelle méthode de séparation des isotopes.* Note de M. **Alfred Kastler**, présentée par M. Aimé Cotton.

Alors que la plupart des méthodes usuelles de fractionnement sont basées sur la différence de masse atomique des isotopes, la méthode préconisée ici repose uniquement sur la différence de structure nucléaire des isotopes. Elle est basée sur le fait que les niveaux atomiques métastables des divers isotopes d'un même élément peuvent posséder des durées de vie très différentes. La probabilité spontanée de leur retour à l'état fondamental, qui dans certains cas est rigoureusement nulle en l'absence de tout champ de force, dépend en effet de la perturbation créée par le champ de force du

(2) *Zeits. für Wiss. Photographie, Photophysik und Photochemie,* 19, 1920, p. 161.
(3) *Chinese Journal of Physics,* 1, 1933, p. 38.

noyau. Ce champ nucléaire, très faible lorsque le moment magnétique du noyau est nul, peut avoir une valeur appréciable lorsque le moment nucléaire est différent de zéro. C'est ainsi que S. Mrozowski a pu montrer récemment par l'étude de la structure hyperfine que l'émission de la raie interdite 2656 Å du mercure ($6^1S_0 - 6^3P_0$) par les atomes métastables 6^3P_0 est due uniquement aux isotopes impairs 199 et 201 dont les moments nucléaires sont différents de zéro ([1]). A cette différence de probabilité d'émission correspond une différence de durée de vie des niveaux métastables des divers isotopes. On peut songer à mettre à profit cette différence de longévité pour leur séparation.

Cette séparation doit pouvoir s'effectuer, en principe, d'après le schéma suivant :

1° Produire dans le vide un jet atomique de l'élément à fractionner.

2° Exciter ce jet par un bombardement électronique intense afin de produire une proportion élevée d'atomes excités dont beaucoup persisteront à l'un des états métastables.

3° Éliminer par un champ électrique les ions qui ont pu se former en même temps.

4° Laisser courir le jet sur une longueur suffisante pour que les variétés d'atomes métastables à courte durée de vie retournent à l'état normal. Au bout d'une certaine distance le jet ne contiendra donc que des atomes métastables des isotopes à moment nucléaire nul.

5° Soumettre alors le jet à un nouveau bombardement électronique dont l'énergie est inférieure à l'énergie d'ionisation des atomes normaux, mais supérieure à l'énergie d'ionisation des atomes métastables. Seuls ceux-ci peuvent être ionisés par choc simple.

6° Extraire par un champ électrique et recueillir les ions formés.

La suite de ces opérations ne permettra pas, en général, une séparation complète. Le deuxième bombardement électronique peut, en effet, ioniser également des atomes normaux par choc multiple. Le taux de séparation dépendra dans chaque cas de la densité électronique, de la proportion d'atomes métastables dans le jet et du rapport de la probabilité d'ionisation des atomes métastables à la probabilité d'excitation des atomes normaux. Ce rapport est fonction de la vitesse réglable des électrons et il conviendra de chercher sa valeur optimum ([2]). Il y aura lieu, pour éviter les chocs

---

([1]) S. Mrozowski, *Zeitschr. f. Physik*, **108**, 1938, p. 204.

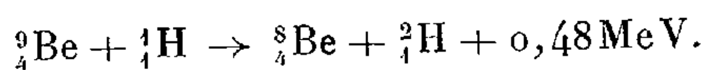
([2]) La probabilité d'ionisation des atomes métastables par choc électronique est encore mal connue. En dehors de son intérêt pour la séparation des isotopes la méthode proposée de double bombardement permettrait précisément d'en faire l'étude.

multiples, de se contenter d'une densité électronique faible. Cette précaution est inutile dans le cas des gaz inertes pour lesquels le potentiel d'ionisation des atomes métastables est inférieur au potentiel de résonance des atomes normaux. Dans ce cas exceptionnellement favorable, on peut régler la vitesse électronique de façon à ioniser les atomes métastables sans exciter les atomes normaux.

La méthode exposée est en principe applicable à tous les éléments possédant des niveaux métastables. C'est le cas des gaz inertes et des éléments (alcalino-terreux, Zn, Cd, Hg) ayant deux électrons dans leur couche externe et possédant les états métastables $^3P_0$ et $^3P_2$ de la série des triplets. Mais, en pratique, la grande durée de vie des atomes métastables doit conduire à des longueurs de jets encombrants ou irréalisables. On peut alors employer une modification de la méthode, en remplaçant le jet dans le vide par la diffusion des atomes métastables au sein d'un gaz inerte protecteur. La succession des opérations indiquées peut dans ce cas se faire soit dans l'espace, soit dans le temps. Il y aura lieu d'opérer à basse température, d'éviter rigoureusement les impuretés et surtout d'utiliser une pression de vapeur très faible de l'élément à fractionner pour réduire le nombre des chocs de seconde espèce nuisibles. Les chocs entre atomes métastables et atomes normaux peuvent en effet donner lieu à un échange d'énergie qui mettrait la méthode en échec.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la désintégration du bore avec l'émission des deutérons.* Note de M. **Ignace Zlotowski**, présentée par M. Jean Perrin.

Parmi plusieurs centaines de réactions nucléaires étudiées jusqu'ici, on n'a signalé qu'une seule s'effectuant avec l'émission d'un deutéron. En effet Oliphant, Kempton et Rutherford (1) ont observé les deutérons en même temps que les particules α et avec presque le même rendement, en bombardant le glucinium avec des protons de 0,1 MeV, suivant la réaction

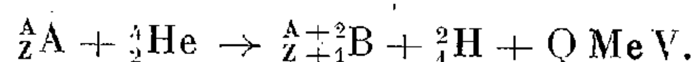


$$^9_4\mathrm{Be} + ^1_1\mathrm{H} \rightarrow ^8_4\mathrm{Be} + ^2_1\mathrm{H} + 0{,}48\,\mathrm{MeV}.$$

Cependant, il y a quelques années, F. Perrin (2) a envisagé l'émission des deutérons comme produits de l'irradiation des noyaux stables avec les

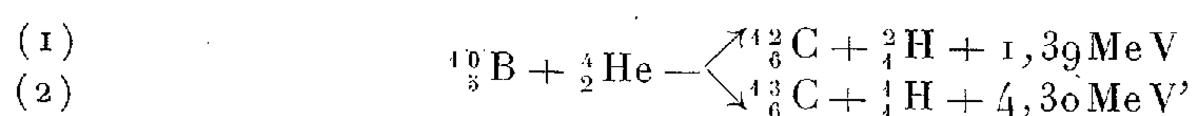
(1) *Proc. Roy. Soc.*, A, **150**, 1935, p. 241.
(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2211.

rayons α conformément au schéma



$${}^{A}_{Z}A + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{A+2}_{Z+1}B + {}^{2}_{1}H + Q\,MeV.$$

Les expériences effectuées par Pollard et Eaton [3] en vue d'étudier la nature des particules projetées au cours du bombardement de l'azote et du bore avec les α du polonium ont apporté quelques informations à ce sujet. La méthode de mesure consistait à déceler, à l'aide d'un compteur à boule, les particules émises par la cible et déviées par un champ magnétique allant jusqu'à 13700 gauss. Dans le cas de l'azote, les auteurs américains ont conclu à l'absence des deutérons, la courbe du nombre de particules en fonction du champ étant très semblable à celle obtenue pour les protons naturels. Mais pour interpréter les résultats obtenus avec le bore il suffit d'admettre que, si le rayonnement étudié se compose de deutérons et de protons émis suivant les deux équations respectives [4]



$$(1)\quad {}^{10}_{5}B + {}^{4}_{2}He \nearrow {}^{12}_{6}C + {}^{2}_{1}H + 1,39\,MeV$$
$$(2)\quad {}^{10}_{5}B + {}^{4}_{2}He \searrow {}^{13}_{6}C + {}^{1}_{1}H + 4,30\,MeV$$

le rapport de leurs intensités n'est pas plus grand que 1 à 6. Signalons que, du point de vue énergétique, la réaction (1) est parmi, toutes les réactions à envisager du type (*α, d*), la plus probable, étant donné qu'elle est la seule dont le bilan énergétique est positif. Une étude systématique de cette réaction semblait donc très indiquée.

En étudiant, dans une chambre de Wilson où règne un champ magnétique de 16000 gauss, la distribution énergétique de particules émises lors de la transmutation du bore par les particules α [5], nous avons pu constater que, sur 270 rayons identifiés comme protons, il y en avait 4 dont la variation de courbure le long d'une même trajectoire était conforme à la relation parcours-énergie pour les deutérons. Pour confirmer cette observation nous avons repris ces expériences dans les conditions analogues, mais avec les rayons α un peu plus énergiques (5,15 MeV au lieu de 4,8 MeV). Parmi 153 trajectoires mesurées nous avons trouvé cette fois 147 protons

---

(3) *Phys. Rev.*, **47**, 1935, p. 597.

(4) La réaction avec ${}^{11}_{5}B$ n'est pas à envisager comme source des deutérons lorsqu'on utilise les rayons α du polonium à cause de son bilan d'énergie trop négatif ($Q = -5,2$ MeV).

(5) F. Joliot et I. Zlotowski, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 750.

et 6 deutérons [6]. Sur 10 deutérons observés au total dans les deux séries, 8 possèdent des énergies comprises entre 3,65 et 4,05 MeV (valeurs recalculées pour $E_\alpha = 4{,}8$ MeV) et 2 seulement ont une énergie plus grande, 4,81 et 5,20 MeV.

En admettant que tous ces deutérons proviennent de la réaction (1), l'énergie maxima mesurée conduit à $Q = + 0{,}53$ MeV, valeur assez éloignée de celle déduite des masses des noyaux réagissants. Mais cet écart est vraisemblablement apparent et dû à ce simple fait que parmi les dix deutérons observés nous n'avons eu la chance d'en enregistrer aucun avec l'énergie maxima. Mais ce qui attire surtout notre attention c'est le rendement extrêmement faible de cette réaction, le nombre de deutérons représentant à peine 3 pour 100 du nombre de protons dus à la réaction (2).

Or il est facile à démontrer que les particules projetées dans les deux cas quittent le noyau composé en passant toujours au-dessus de la barrière du potentiel correspondante. Dans ces conditions le rapport entre le rendement de la réaction (1) et celui de la réaction (2) exprime en première approximation le rapport entre les probabilités de ces deux processus nucléaires, la question de la pénétrabilité mise à part. Il faut donc conclure que l'émission d'un proton est environ 40 fois plus probable que celle d'un deutéron, ce qui peut s'expliquer par la valeur très élevée de l'excès de masse de cette particule composée.

En ce qui concerne l'accumulation de deutérons dans la région de 3,6 à 4,0 MeV, on pourrait supposer l'existence d'une raie correspondant à un groupe de $Q = - 0{,}8$ MeV, auquel doit être associé un groupe de photons de 2,2 MeV environ, photons observés toujours en bombardant le bore avec les α du polonium, mais considérés jusqu'à présent comme dus exclusivement à une transition entre deux niveaux protoniques.

---

(6) Il est à noter que la distribution statistique des protons confirme toutes les conclusions tirées de la première série de mesures. Leur énergie maxima étant 9,08 MeV, on obtient pour Q: 4,16 MeV, valeur s'accordant très bien avec celle déterminée précédemment.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une électrode de verre pour titrages différentiels.* Note [1] de M. **Mladen Paić**, transmise par M. Georges Urbain.

Nous avons montré [2] qu'il est possible de souder entre deux tubes de verre une membrane de quelques microns d'épaisseur. Cette possibilité permet de réaliser une électrode de verre pour le titrage différentiel, d'après Cox [3] [4].

L'électrode a la forme d'un tube en U (*fig.* 1), légèrement étranglé au milieu, et séparé en deux compartiments par une membrane en verre *Corning* 015 [5]. Les deux branches de l'électrode peuvent être en *Corning* 015 ou en verre *sili-chromé, blanc neutre*. Ce dernier verre se travaille très facilement et se soude parfaitement au verre *Corning* 015. Pour construire l'électrode, on chauffe au rouge les bouts correspondants des branches et on les joint en interposant la membrane [2].

Chaque compartiment de l'électrode contient le même volume de solution à titrer. Au cours du titrage, la quantité de solution titrée, additionnée dans un compartiment, diffère constamment d'un petit volume Δv, choisi d'avance, de la quantité ajoutée dans l'autre compartiment. La différence de potentiel ΔE, qui s'établit de deux côtés de la membrane, est mesurée à l'aide du potentiomètre à lampe électromètre [6], entre les électrodes à calomel à KCl saturé, qui plongent dans le liquide à titrer.

Les dimensions de l'appareil peuvent être variées à volonté, ce qui permet de titrer des volumes allant d'une fraction de centimètre cube à plusieurs dizaines de centimètres cubes.

Un exemple de courbe de titrage différentiel, obtenue avec cette électrode, est représenté sur la figure 2. Il s'agit du titrage de l'acide chlorhydrique par la soude exempte de carbonate. La différence de potentiel ΔE est représentée en fonction de la *somme* de volumes de soude ajouté. Le

---

(1) Séance du 4 juillet 1938.

(2) M. Paić, *J. Chim. phys.*, 35, 1938 (sous presse).

(3) D. C. Cox, *J. Amer. Chem. Soc.*, 47, 1925, p. 2138.

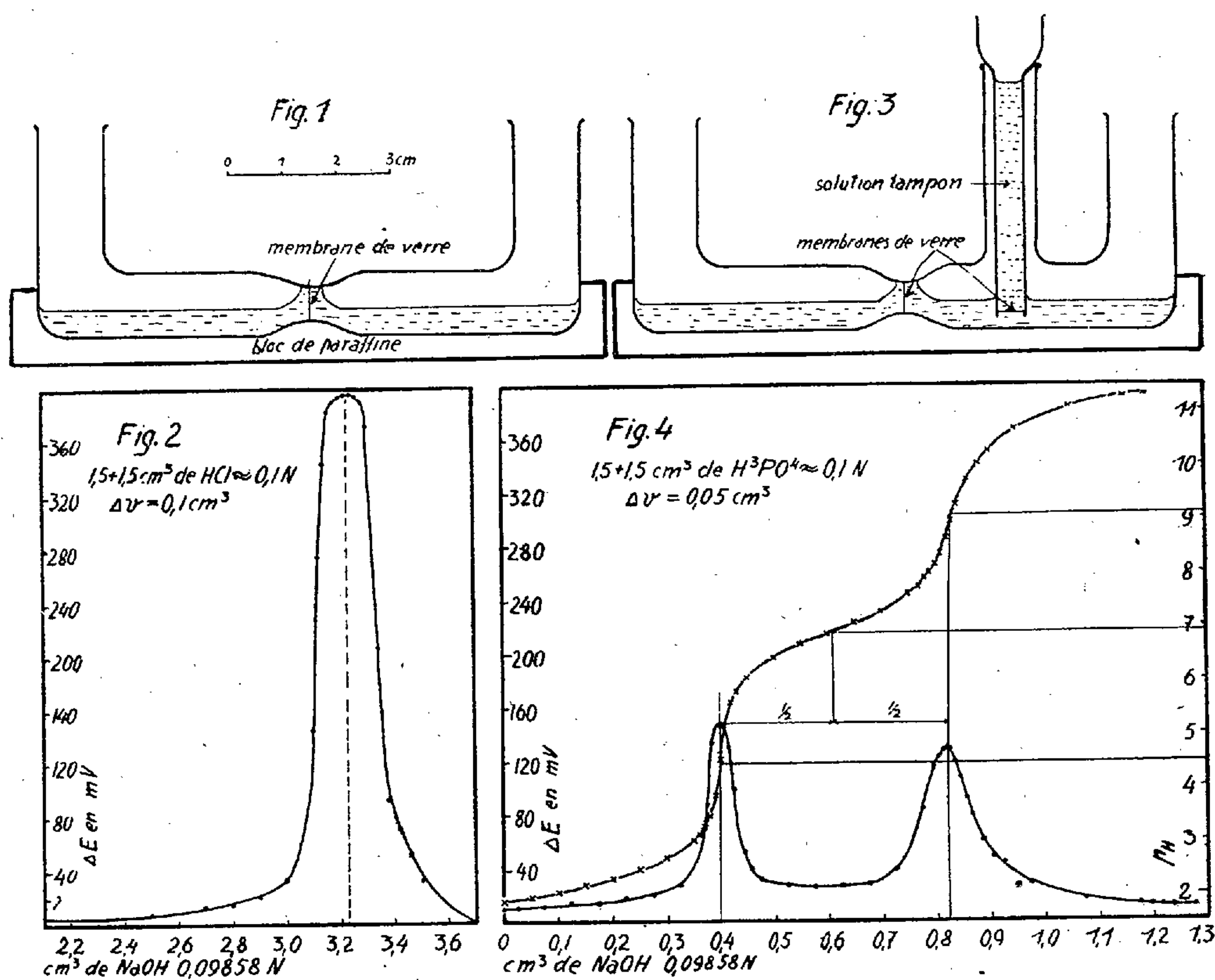
(4) D. A. MacInnes et M. Dole, *Ind. Eng. Chem. Anal.*, Ed. I, 1929, p. 57, ont décrit un dispositif différent du nôtre, pour titrage différentiel à l'aide de l'électrode de verre.

(5) D. A. MacInnes et M. Dole, *J. Amer. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 29.

(6) M. Courtines et J. Geloso, *J. Chim. Phys.*, 27, 1930, p. 54.

maximum indique, à $0^{cm^3},01$ près, la quantité de soude nécessaire à la neutralisation de la *somme* de volumes de HCl des deux compartiments.

En modifiant légèrement l'électrode différentielle décrite ci-dessus, il est possible d'obtenir un dispositif qui permet la détermination simultanée des courbes de titrage différentielles et absolues. Il suffit de souder à l'une des branches de l'électrode différentielle un tube latéral, destiné à porter une électrode de verre étalonnée, dont l'intérieur est garni de solution tampon et dont l'extérieur plonge dans le liquide à titrer (*fig.* 3). A chaque addi-



tion de liquide titré, on mesure la différence de potentiel entre les deux compartiments de l'électrode différentielle, puis, entre le liquide d'un compartiment et la solution tampon. On porte dans un même graphique, d'une part la différence de potentiel ΔE en fonction de la *moitié de la somme* de volumes de liquide titré ajouté et, d'autre part, le pH mesuré dans un compartiment, en fonction de la quantité de liquide titré ajouté dans ce compartiment.

La figure 4 montre les courbes ainsi obtenues en titrant l'acide phospho-

rique par la soude. Les maxima de la courbe différentielle indiquent directement sur la courbe absolue les pH de neutralisation des différents degrés d'ionisation de l'acide phosphorique. Le milieu entre les deux maxima de la courbe différentielle correspond, sur la courbe absolue, à l'inverse du logarithme de la deuxième constante de dissociation (pK_2) de l'acide phosphorique.

Conclusion. — Mettant à profit le caractère différentiel de l'électrode de verre, nous avons pu construire une électrode très simple pour le titrage différentiel d'après Cox. Cette électrode, munie d'une électrode de verre étalonnée, permet la détermination *simultanée* des courbes de titrage différentielles et absolues. Les constantes de dissociation des acides et des bases faibles et le pH au point de neutralisation peuvent alors être déterminés d'après deux courbes *expérimentales*, ce qui donne aux mesures plus de sûreté que la détermination à l'aide de la courbe absolue seule ou combinée à une courbe différentielle calculée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variations de diverses propriétés physicochimiques du naphtalène en fonction du pH.* Note de Mlle **Madeleine Gex**, présentée par M. Jean Perrin.

Le naphtalène est considéré comme se comportant dans l'eau à la manière d'un non-électrolyte, sans aucune propriété de dissociation. Il n'est cependant pas inerte. J. Perrin, dans ses recherches sur l'osmose électrique (¹), a montré que cette substance est susceptible, sous l'influence de modifications de la réaction de la solution, d'inverser le signe de sa charge; tout se passe comme si elle avait un point isoélectrique entre pH 3,7 et pH 10,5, et se comportait par conséquent à la manière d'un ampholyte. Nous avions vu d'autre part (²), que le benzène en solution aqueuse n'est pas insensible au pH, et que par cataphorèse il présente des points d'inversion.

Dans la présente Note, nous proposant de voir si des phénomènes du même type ne permettent pas d'expliquer le comportement du naphtalène, nous avons étudié le spectre ultraviolet de ce carbure en fonction du pH,

(¹) *Journ. Chim. Phys.*, 2, 1904, p. 601-651.

(²) F. Vlès et M. Gex, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 506; *Arch. Phys. biol.*, 5 (1), 1926, p. 78-83.

et cherché d'autre part les points isoélectriques éventuels par cataphorèse.

Technique. — On réalise une solution saturée de naphtalène maintenue à l'obscurité; les pH sont faits par addition, dans la solution décantée, de HCl ou de NaOH. Les techniques de mesure des pH et de spectrophotométrie ultraviolette sont les mêmes que dans une Note antérieure ([3]) La loi de Beer-Lambert est vérifiée à pH constant avec des cuves de 0,8; 2 et 5^{cm}.

Les solutions pour cataphorèse [technique de Vlès ([4])] sont additionnées de 8 pour 1000 de NaCl. 6 ou 8 tubes sont montés en série, avec un courant de 2 ou 3 milliampères, et un gradient de potentiel de 16 ou 20 volts par tube. On recherche le transport du carbure par le spectre ultraviolet des liquides récoltés aux extrémités des tubes.

Résultats. — Le naphtalène présente en solution aqueuse le massif connu de bandes étroites (la plus importante à $276^{m\mu}$), puis de moindres à 284, 265, 260, $256^{m\mu}$ ([5]), suivi d'un profond minimum vers $236^{m\mu}$, qui le sépare d'une bande du court ultraviolet; l'aspect est assez voisin de ceux observés par différents auteurs ([6]) pour des solutions hexaniques.

La variation du pH produit des modifications spectrales; les rapports des densités pour des couples de longueurs d'onde (282 et 250; 266 et 254; 274 et 250; 274 et $254^{m\mu}$) montrent un certain nombre de sinuosités (3 maxima aux environs de pHO; 4,5 et 9; un minimum évident vers pH3,5, un second moins net vers pH 6,5). Suivant la technique connue ([7]), cette structure permet de calculer le nombre et la valeur des constantes de dissociation d'une substance. Ainsi les variations du rapport col. λ 274/col. λ 254 (voir la figure) peuvent être reconstituées par le calcul au moyen de 5 constantes de dissociation à pH 1,7; 4,2; 5,2; 7,3; 10,6. La moyenne des trois premiers pK indiquerait un point isoélectrique à 3,7; celle du troisième et du quatrième, un second à 6,2; et la moyenne générale, un à 5,8. Or la cataphorèse donne expérimentalement trois inversions de transport, dont deux sont interprétables comme des points isoélectriques : le premier voisin de 3,8, le second entre 6,1 et 6,9; le point neutre de seconde espèce intercalaire étant vers 4,5. Le transport élec-

---

([3]) M. Gex, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 2145, et cf. F. Vlès, *Arch. Phys. biol.*, **11** (2), 1934, p. 77-110.

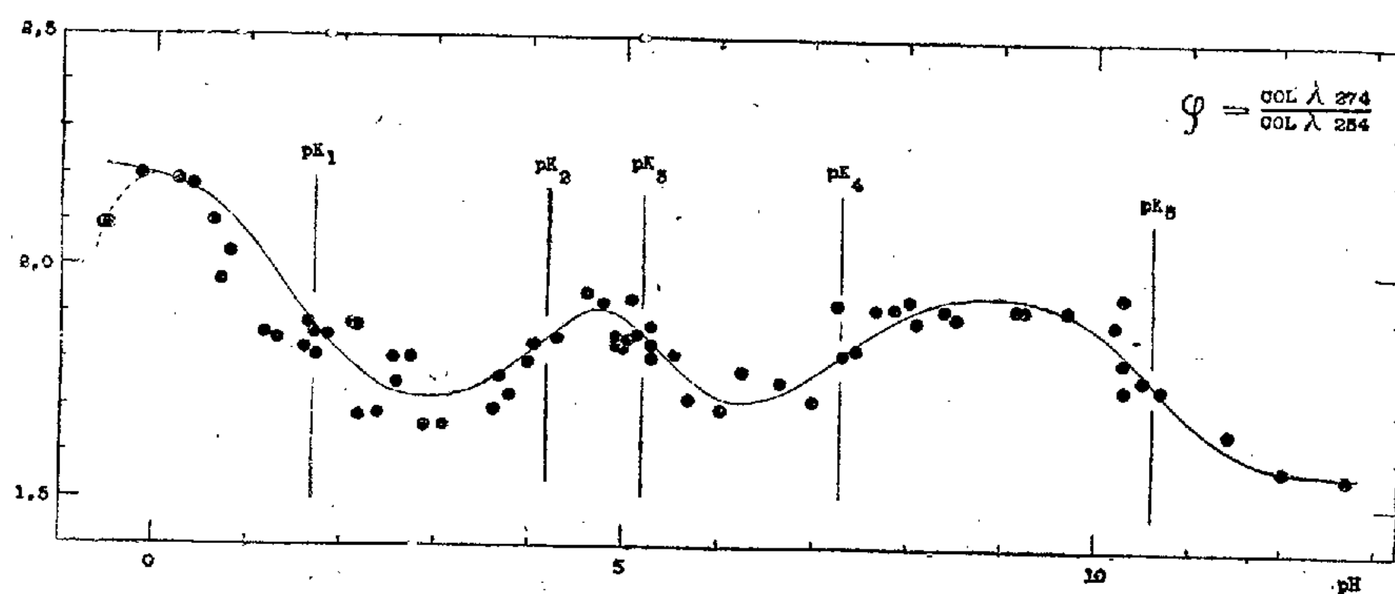
([4]) *Arch. Phys. biol.*, **13** (1), 1936, p. 14-41.

([5]) Le second massif vers $300^{m\mu}$ n'est pas perceptible en raison de la faible solubilité du naphtalène dans l'eau.

([6]) Henri et Steiner, *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 421; *Arch. Phys. biol.*, XIV, 4, 1938, p. 281; de Laszlo, *Ztschr. f. Phys. Chem.*, **118**, 1925, p. 369.

([7]) F. Vlès, *Bull. Ass. Ing. chim. Strasbourg*, juin 1937 (donne la bibliographie).

trique est donc, aux approximations près, d'accord avec le spectre. Ces résultats sont dans le sens des données qu'avait observées J. Perrin par l'osmose électrique.



Naphtalène. Variations du rapport col. λ 274/col. λ 254, en fonction du pH.
———— Courbe calculée.

Ainsi le naphtalène, de même que d'autres carbures, offre en présence de l'eau, en fonction du pH, des états dissemblables, dont on peut rendre compte en lui supposant la dissociation électrolytique d'un ampholyte.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'autoxydation de l'hexadécane normal.* Note de M. **Georges Arditti**, présentée par M. Jean Perrin.

L'étude de l'oxydation de l'hexadécane normal en système hétérogène nous a révélé l'existence d'une période d'induction et nous a permis d'établir le bilan gazeux de la réaction [1].

Il nous a semblé utile de compléter ces résultats par la détermination de l'influence de la température sur la vitesse de la réaction.

Si, pour chaque température envisagée, on construit une courbe en portant en abscisses le temps et en ordonnées la quantité d'oxygène consommé, on constate que, passée la période d'induction, le phénomène est représenté pendant une certaine durée par une droite. Autrement dit, pendant toute cette période, la vitesse de la réaction est constante et l'oxydation peut s'exprimer par la relation

$$m = V(t - t_0),$$

[1] Georges Arditti, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 396.

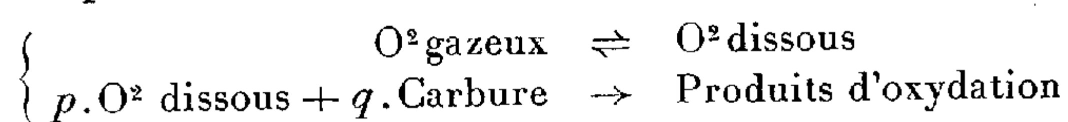
m étant la quantité d'oxygène consommé (en centimètres cubes pour 1^{g} d'hexadécane), t le temps en heures, t_0 une constante pour chaque température, dépendant de la durée de la période d'induction, V la vitesse, c'est-à-dire la pente de la droite représentative.

Dans ce qui va suivre nous ne considérerons que la période de l'oxydation durant laquelle la vitesse reste constante. Le tableau suivant donne en fonction de la température les variations de la vitesse V (exprimée en centimètres cubes d'oxygène par heure et par gramme d'hexadécane) ainsi que celles de log V :

θ (°)	100.	111.	132.	152.
V	1,00	2,30	9,20	34,0
log V	0,0000	0,3617	0,9638	1,5315

On constate que log V est pratiquement fonction linéaire de la température. Il en résulte que la détermination du coefficient de température de la réaction, c'est-à-dire le rapport des vitesses à $\theta + 10°$ et $\theta°$, nous conduit à la valeur $1,96 \pm 0,01$.

Nous pouvons en outre calculer l'énergie d'activation de l'oxydation, que l'on peut représenter par le schéma



$$\begin{cases} O^2\text{gazeux} \rightleftharpoons O^2\text{dissous} \\ p.O^2\text{ dissous} + q.\text{Carbure} \rightarrow \text{Produits d'oxydation} \end{cases}$$

qui ne préjuge en rien la nature des produits d'oxydation.

Si $[O^2g]$, $[O^2d]$ et $[Carb]$ sont les concentrations moléculaires de l'oxygène gazeux, de l'oxygène dissous et du carbure, la vitesse de la réaction est donnée par l'expression

$$V = k[O^2d]^p[Carb]^q.$$

Mais

$$[O^2d] = a[O^2g],$$

a étant seulement fonction de la température, ce qui implique que la vitesse de dissolution de l'oxygène est très supérieure à la vitesse d'oxydation du carbure. L'expérience est en faveur de cette hypothèse.

Il résulte de ce qui précède que

$$V = ka^p[O^2g]^p[Carb]^q$$

et, en posant $K = ka^p$, il vient pour la vitesse :

$$V = K[O^2g]^p[Carb]^q$$

---

(2) *Zeits. f. Physik. Chemie*, 4, 1889, p. 226.

où K est le coefficient de vitesse de la réaction et ne dépend que de la température.

Nous venons de voir que V était constant; on en déduit $V = Kh$, h étant une constante; par suite

$$\log K = \log V + \text{const.} \tag{1}$$

L'énergie d'activation Q nous est donnée par la formule d'Arrhenius [2]

$$\frac{d \operatorname{Log} K}{dT} = \frac{Q}{RT^2}. \tag{2}$$

où R est la constante des gaz parfaits, T la température absolue de la réaction et K le coefficient de vitesse. En intégrant et en passant aux logarithmes vulgaires, il vient pour la relation (1), en tenant compte de (2),

$$\log V = -\frac{Q}{4,58} \times \frac{1}{T} + \text{Const.}$$

Le calcul nous conduit à des valeurs de Q comprises entre 20700 et 21660 microthermies. Nous pouvons adopter 21200 microthermies comme valeur moyenne.

L'oxydation de l'hexadécane est un phénomène complexe, ainsi que le montrent les nombreux composés que nous avons pu caractériser parmi les produits formés. Néanmoins, de la continuité de la variation de la vitesse d'une part, et de la constance de l'énergie d'activation d'autre part, on peut conclure que, dans les conditions expérimentales réalisées présentement, parmi toutes les réactions qui peuvent se produire, la réaction à vitesse minima est la même dans tout l'intervalle de température envisagé.

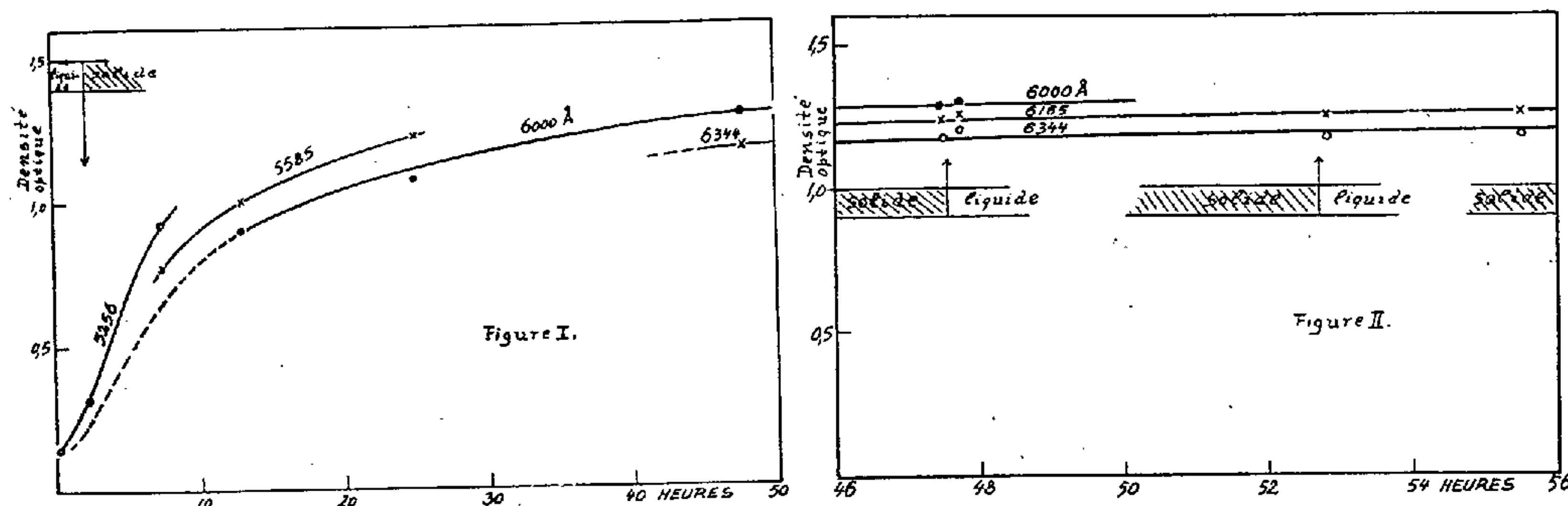
CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude optique des transformations sol → gel* isotherme *et* non isotherme. Note [1] de MM. **Wilfried Heller** et **Etienne Vassy**, présentée par M. Aimé Cotton.

On distingue généralement deux sortes de transformations sol → gel : l'une, isotherme, se produit à température constante; l'autre, non isotherme, se produit après un changement préalable de la température [2]. A la suite de ses recherches sur la variation de l'hydratation des particules au cours des gélifications, E. Heymann [3] distingue les trois cas suivants : 1° gélifi-

[1] Séance du 4 juillet 1938.
[2] Voir H. Freundlich, *Kapillarchemie*, Leipzig, 1932, p. 615.
[3] *Trans. Faraday Soc.*, 31, 1935, p. 846, et 32, 1936, p. 1.

cation isotherme, aucune variation de l'hydratation; 2° gélification non isotherme habituelle, augmentation de l'hydratation au cours de la gélification; 3° gélification non isotherme *inverse*, diminution de l'hydratation. Cette classification est basée sur l'hypothèse que les différences observées quand on suit l'évolution de l'hydratation (et aussi quand on étudie d'autres variations comme celles de la constante diélectrique) sont liées à divers processus de gélification. On peut faire une autre hypothèse : il n'y aurait qu'un seul mode de gélification et les différents cas ne différeraient que par les vitesses avec lesquelles elle se produit, parce qu'alors d'autres processus interviendraient en même temps.

Pour mettre à l'épreuve cette dernière hypothèse nous avons fait l'expérience suivante. Nous avons préparé une solution aqueuse thixotrope de gélatine déshydratée (30^{g} de gélatine *Nelson*, 400$^{cm^3}$ d'alcool éthylique, 100^{mol} Na Cl par litre). Des solutions pareilles [déjà mentionnées ailleurs ([1])] forment des sols transparents à température élevée et des gels opaques à basse température. Nous avons admis que ce changement d'opacité résultait de la variation de l'hydratation des particules de gélatine.



La figure I montre l'évolution de l'absorption avec le temps à 18°,05C. Avant d'être mis dans le thermostat (muni de fenêtres en glaces travaillées), l'échantillon a été porté préalablement à 35°C. pendant 10 minutes. La déshydratation se poursuit donc pendant très longtemps et bien au delà du temps nécessaire pour la formation du gel (2 heures 15 minutes). Après avoir attendu l'établissement du nouvel équilibre d'hydratation, on a produit deux nouvelles gélifications en enlevant l'échantillon du thermostat pendant quelques secondes et le liquéfiant par agitation. La figure II montre les résultats : l'absorption ne varie pas.

([1]) W. Heller, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1507.

Ce résultat n'est guère favorable à la conception de divers types de gélification, puisqu'on peut difficilement admettre qu'on produise l'une après l'autre deux gélifications de caractère différent. D'après la seconde hypothèse, on dirait qu'on a toujours affaire à une transformation sol → gel isotherme et que la première gélification s'effectue dans un système dont les propriétés physicochimiques (comme l'hydratation) ne sont pas encore en équilibre. Ces propriétés étant importantes pour la *disposition* des particules à participer au processus de gélification, la première gélification *non isotherme* aurait une vitesse différente. La vitesse se rapprocherait d'autant plus de la vitesse de la variation sol → gel *isotherme* que le système a été refroidi plus rapidement et que l'établissement du nouvel équilibre des propriétés physicochimiques est plus rapide. Si cette conception est exacte, on doit s'attendre à ce que toutes les différences existant entre une gélification isotherme et une gélification non isotherme disparaissent si, dans ce dernier cas, on maintient les systèmes à l'état liquide (en les agitant constamment) jusqu'à ce que leurs propriétés physicochimiques aient atteint de nouveau l'équilibre correspondant à la température établie.

Une gélification isotherme paraît être caractérisée par une agrégation réversible des particules ([5]). Cette agrégation ne se traduit pas dans la figure II par une variation isotherme et réversible de l'absorption comme celle qu'on observe ([6]) dans le cas des sols d'oxyde de fer qui diffractent énergiquement la lumière. Cela tient à ce que les particules restent encore même dans les gels opaques fortement hydratées, et nous montrerons que lorsqu'il en est ainsi l'agrégation réversible des particules n'est pas accompagnée d'une variation nette de l'absorption.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variations du paramètre cristallin de l'oxyde de cadmium par insertion d'atomes de cadmium dans son réseau.* Note ([1]) de MM. **René Faivre** et **André Michel**, présentée par M. Charles Mauguin.

Au cours de l'étude de nombreux *sous-oxydes*, certains auteurs ont admis l'existence possible de solutions solides d'insertion du métal dans le réseau de l'oxyde. En dehors de Bénard ([2]) dans le cas de FeO, aucun

---

([5]) W. Heller, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 61.
([6]) W. Heller et G. Quimfe, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 857.

([1]) Séance du 4 juillet 1938.
([2]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 912.

d'entre eux n'a mis en évidence de variation du paramètre cristallin démontrant la formation de ces solutions solides.

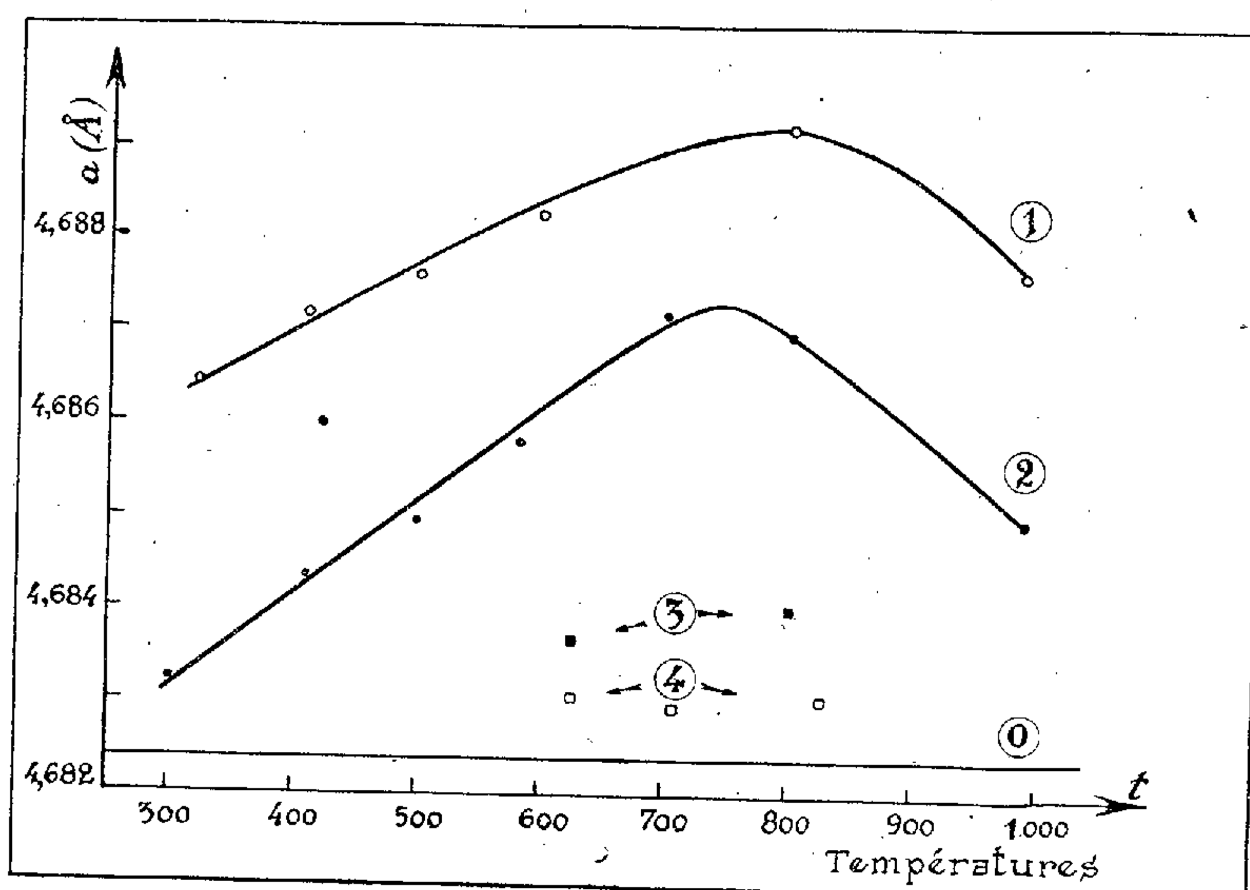
Grâce à l'extrême précision de la méthode d'analyse cristalline par rayons X, dite *en retour*, adaptée par Bénard (²) à l'étude des oxydes, nous avons pu déceler et étudier ces variations dans le cas de l'oxyde de cadmium; nous mesurions en effet l'arête a du cube élémentaire de CdO à $\pm 0,0003$ Å près. Après avoir étudié la formation de la solution solide limite (CdO, Cd) par chauffage de mélanges de l'oxyde et du métal en ampoule scellée, nous avons montré que des solutions solides intermédiaires se forment par simple chauffage de CdO sous un vide de l'ordre de $0^{mm},001$ de mercure constamment maintenu par pompage : dans ces conditions, une très faible quantité de CdO se dissocie en cadmium et oxygène; une partie du cadmium libéré s'insère dans le réseau de l'oxyde restant, ce qui a pour effet de stabiliser ce dernier, c'est-à-dire d'abaisser considérablement sa tension de dissociation.

La courbe 1 donne les variations de a en fonction de la température de préparation pour les mélanges Cd + CdO chauffés en ampoule scellée; la courbe 2 représente les variations correspondantes pour les oxydes simplement chauffés sous vide maintenu. Ces variations de paramètre sont d'ailleurs réversibles : il faut réaliser une trempe pour qu'on puisse les observer et un simple recuit (points 3) ramène très sensiblement le paramètre des divers produits trempés à la valeur observée pour l'oxyde initial (points o). Elles sont effectivement dues à la dissolution du métal dans l'oxyde et non à une simple modification de structure car, par trempe de CdO en atmosphère d'oxygène à partir de températures comprises entre 600 et 800° nous avons constamment obtenu pour a la valeur 4,6832 Å extrêmement voisine de celle qui correspond à l'oxyde initial. Ces variations de paramètre s'accompagnent de variations de coloration : l'oxyde est d'autant plus foncé que son paramètre est plus grand; les produits possédant un grand paramètre sont noirs.

On voit que la variation maximum de paramètre est de 0,007 Å pour les solutions solides limites (courbe 1) et de 0,005 Å pour les oxydes dissociés. Le fait que le mécanisme de dissociation ne permet jamais d'atteindre la solution solide limite s'explique par la présence constante d'une faible pression d'oxygène (vide limite des pompes) et l'absence de vapeur de cadmium dans les expériences de ce type. La comparaison des pentes des courbes 1 et 2 au delà de 800° confirme d'ailleurs cette interprétation

et conduit à penser que la diminution de a au delà de cette température est due au départ de cadmium de la solution solide (CdO, Cd).

Nos expériences démontrent bien l'existence de solutions solides d'inser-



Variations du paramètre cristallin de l'oxyde de cadmium par chauffage à différentes températures. 0, oxyde initial (calcination d'hydrate); 1, mélanges Cd + CdO chauffés en ampoule scellée à $t°$ puis trempés; 2, CdO seul dissocié à $t°$ puis trempé; 3, CdO recuit; 4, CdO chauffé à $t°$ en atmosphère d'oxygène puis trempé.

tion (CdO, Cd). Ce phénomène, déjà rencontré par Bénard (2) à propos de FeO, nous semble extrêmement général. Des observations purement qualitatives nous conduisent à penser qu'il se produit dans le cas d'autres oxydes de métaux bivalents (alcalino-terreux et groupe du magnésium). Nous avons montré de plus que, dans le cas de CdO, ces solutions solides prennent naissance par simple chauffage de l'oxyde sous vide. Ce mode de formation expliquerait les phénomènes d'absorption d'oxygène par divers oxydes tels que CdO, ZnO, NiO, et les anomalies de conductibilité électrique qui en résultent (3).

(3) BAUMBACH et WAGNER, *Zeits. f. Physik. Chem.*, B, **29**, 1933, p. 199-211.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les sels de cuivre de l'acide imidodisulfonique.* Note de Mlle **Lucienne Chaumeton**.

L'acide amidosulfonique permet d'obtenir des dérivés de l'argent et du mercure dans lesquels le métal est directement fixé à l'azote (¹). Nous n'avons pu obtenir de composés analogues avec le cuivre.

L'acide imidodisulfonique, par contre, nous a permis d'obtenir des sels simples et mixtes de cuivre. Cet acide n'a pas été isolé de sa solution et s'hydrolyse rapidement; nous avons eu recours au sel barytique $NH(SO^3)^2Ba, 2H^2O$, qui, traité par le sulfate de cuivre en quantité théorique et en solution saturée, abandonne, par évaporation sur vide sulfurique, des cristaux bleus pâles de formule $NH(SO^3)^2Cu, 5H^2O$. Ce sel est facilement hydrolysable comme les imidodisulfonates de constitution analogue; séché à l'étuve, il perd trois molécules d'eau. Sa solution ammoniacale précipite par l'alcool un composé violet $NH(SO^3)^2[Cu(NH^3)^4], H^2O$.

L'imidodisulfonate tribarytique $Ba[N(SO^3)^2Ba]^2, 5H^2O$ est très peu soluble dans l'eau. Traité par une quantité théorique d'une solution de sulfate de cuivre $n/5$, telle que le rapport moléculaire

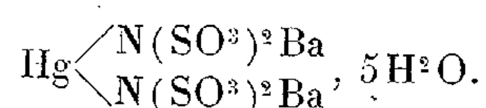
$$\frac{Ba[N(SO^3)^2Ba]^2,\ 5H^2O}{SO^4Cu}$$

soit au plus égal à 1, sa solubilité est cependant suffisante pour permettre la formation, au bout de 24 heures, de longues aiguilles bleues foncées. La réaction est amorcée par une violente agitation. Il est très malaisé de séparer les cristaux formés du sulfate de baryum précipité. La dissolution de cet imidodisulfonate dans l'acide nitrique dilué, où le sulfate de baryum reste insoluble, nous a permis de trouver les rapports soufre/cuivre $= 4$, baryum/cuivre $= 2$, ce qui conduit à attribuer à ce composé la formule brute $N^2(SO^3)^4Ba^2Cu, xH^2O$.

Ce produit étant insoluble, nous avons eu recours, pour le préparer, à un sel de cuivre soluble. Les ions Cl^- facilitant l'hydrolyse des imidodisulfonates, nous avons utilisé le nitrate de cuivre. En présence d'un léger excès de ce sel, la réaction est totale au bout de quelques jours; les longues aiguilles bleues formées ont pour formule $N^2(SO^3)^4Ba^2Cu, 6H^2O$.

(¹) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1783.

Ce composé présente le même diagramme de rayons X que le sel préparé à partir du sulfate. Insolubles dans l'eau, les solvants organiques, l'ammoniaque, ses cristaux sont biréfringents. Berglund ([2]) attribue au sel de mercure, obtenu par une préparation analogue, la formule développée



$$Hg\langle^{N(SO^3)^2Ba}_{N(SO^3)^2Ba}, 5H^2O.$$

Le tableau suivant résume l'étude magnétique de ces composés du cuivre, ainsi que du sel de cuivre normal ([3]) et du sel de cuivre ammoniacal que nous avons préparés :

	$\chi_S \cdot 10^6$.	$\chi_M \cdot 10^6$.	$\chi_{Cu} \cdot 10^6$ (*).
$(NH^2SO^3)^2Cu, 2H^2O$	4,8	1400	1522
$NH(SO^3)^2Cu, 5H^2O$	4,3	1413	1561
$NH(SO^3)^2Cu, 2H^2O$	5,3	1455	1560
$(NH^2SO^3)^2[Cu(NH^3)^4], H^2O$	3,8	1298	1480
$NH(SO^3)^2[Cu(NH^3)^4], H^2O$	4,1	1330	1502
$N^2(SO^3)^4CuBa^2, 6H^2O$	1,78	1414	1712

(*) Calculé à partir de χ_M.

On a admis :

$\chi_M(NH^2SO^3H)$ $-42,8.10^{-6}$, χ_A(Ba en combinaison) $-37,8.10^{-6}$,
$\chi_M(H^2O)$ $-12,9.10^{-6}$, diamagnétisme de Cu -18.10^{-6},
χ[radical $HN(SO^3)^2$] calculé à partir des sels alcalins -65.10^{-6}.

Les mesures ont été faites à la balance de Curie-Cheneveau sur les produits réduits en poudre, à 293° K. Nous avons pris comme étalon le sulfate de cuivre $SO^4Cu, 5H^2O$ dont la susceptibilité spécifique à 293° K. est égale à $5,9.10^{-6}$ ([4]).

L'étude magnétique met en évidence une nette différence entre les valeurs de la susceptibilité du cuivre dans les sels normaux de cuivre des acides amidosulfonique et imidodisulfonique, et celle du sel mixte de cuivre et de baryum. Devant ce résultat, la coloration bleu foncé du composé, son insolubilité dans l'ammoniaque, il est difficile de supposer que le cuivre y soit fixé sur les groupements SO^3. Nous lui avons attribué la formule développée $Cu\langle^{N(SO^3)^2Ba}_{N(SO^3)^2Ba}, 6H^2O$ analogue à celle du dérivé mercurique.

([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 25, 1876, p. 452.

([3]) Callegari, *Gazz. Chim. Ital.*, 36, 1906, p. 63; Pascal, *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 712 et p. 144.

([4]) Feytis, *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 708; Amiel, *ibid.*, 206, 1938, p. 1113.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les monohydrates α et β de l'anhydride molybdique.* Note de M. **Victor Auger**, présentée par M. Auguste Béhal.

I. *Monohydrate blanc α.* — Ullik [1] le premier l'a signalé, mais comme des essais ultérieurs ont échoué, nous ne pouvons tenir compte de ce travail.

A. Vivier [2] aurait obtenu ce composé par chauffage à 60° de la solution nitromolybdique avec du dihydrate jaune; en fait, le produit qu'on obtient contient toujours de l'ammoniaque. De nombreuses analyses nous ont montré que, suivant les conditions, il se forme tantôt du dodécamolybdate d'ammonium, tantôt un mélange de molybdates acides $(MoO^3)^n(NH^4)^2OmH^2O$.

Vivier s'était d'ailleurs contenté de calciner le produit en calculant la perte de poids en H^2O. Il n'existe actuellement qu'une méthode pratique fournissant un produit de formule indiscutable; c'est celle de A. Rosenheim et Davidsohn [3] qui chauffent vers 40°-60° une solution aqueuse du dihydrate jaune.

Signalons pour terminer que Ephraim et Brand [4] préparent un produit semblable en additionnant d'un grand excès de NO^3H une solution de MoO^3Li^2O et en chauffant légèrement au bain-marie. Nous préparons cet hydrate en hydrolysant les solutions de MoO^3 en SO^4H^2, ClH ou NO^3H. En opérant dans des conditions convenables, on obtient le produit à l'état pur et avec de bons rendements. Une solution aqueuse de SO^3MoO^3 mol. fournit, lentement à la température ordinaire, plus rapidement vers 40° une abondante cristallisation, avec un rendement de 75 pour 100. La méthode que nous recommandons consiste à chauffer vers 40°-60° une solution chlorhydrique de MoO^3 [5] diluée de 4 à 10 volumes d'eau. D'une façon générale, dans toutes les conditions où les solutions de MoO^3 laissent déposer le dihydrate jaune, et à une température supérieure à 40°, on obtient le monohydrate α.

L'influence d'une amorce cristalline est considérable : une solution maintenue à 20°-25°, amorcée avec l'hydrate α, fournit des cristaux blancs

---

(1) *Ber. Wien. Akad.*, **60**, 1869, p. 306.
(2) *Comptes rendus*, **106**, 1888, p. 602.
(3) *Zeit. anorg. Chem.*, **37**, 1903, p. 316.
(4) *Zeit. anorg. Chem.*, **64**, 1909, p. 262.
(5) V. Auger, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 913.

de monohydrate pendant plusieurs semaines, mais peu à peu apparaissent des cristaux de dihydrate jaune qui se développent sans toutefois faire disparaître le monohydrate déjà déposé.

D'autre part, une solution d'où cristallise de l'hydrate jaune, étant chauffée vers 40°-50° et amorcée d'hydrate blanc, on voit ce dernier se déposer et le dihydrate disparaître. Un autre mode de préparation de l'hydrate α qui fournit d'excellents rendements, consiste à chauffer au bain-marie un mélange de 1 vol. de la solution chlorhydrique de MoO^3 et de 4 vol. de NO^3H à 40° Bé, pour chasser la plus grande partie du chlore; de diluer le liquide avec plusieurs volumes d'eau et, après amorçage, de chauffer vers 40°.

Propriétés. — La déshydratation sous l'action de la chaleur débute vers 115°; la courbe obtenue à 125° en notant le taux de déshydratation par rapport au temps, est très régulière; en particulier aucun coude ne permet d'admettre la formation d'un hydrate intermédiaire, tel que $Mo^3O^{11}H^4$ ou $Mo^2O^7H^2$. Le tableau fourni par A. Rosenheim et Davidsohn (*loc. cit.*) a été hâtivement établi : il indique à 140° une perte en eau de $0^{mol},27$ et, à 165°, $0^{mol},74$. L'activité chimique peut être comparée à celle du dihydrate : il se dissout à froid abondamment en ClH dilué et en SO^4H^2, et se transforme à froid en présence de CH^3OH en ester méthylique $MoO^2(OCH^3)^2$. La solution aqueuse obtenue vers 60° étant évaporée à l'étuve à 35°-40°, fournit des lamelles amorphes transparentes contenant environ 6 pour 100 d'eau, et solubles dans l'eau. L'addition de SO^4Am^2 y provoque la cristallisation d'octomolybdate d'ammonium, comme la solution aqueuse du dihydrate jaune. Il est probable que le MoO^3 est dans ces deux solutions, sous le même état. L'eau, vers 80°-100°, transforme rapidement l'hydrate α en anhydride molybdique; cette action décomposante est moins marquée en présence d'eau acidulée par ClH ou NO^3H et dans certaines conditions elle s'arrête à la formation d'un pyrohydrate $Mo^2O^7H^2$.

II. *Monohydrate* β. — Ce produit, décrit par Rosenheim et Davidsohn (*loc. cit.*) n'a été que très vaguement défini; on l'obtient par chauffage au-dessus de 70°, du dihydrate jaune dissous, ou simplement mis en suspension dans l'eau. Il se présente sous forme de très petites aiguilles microscopiques, mal formées, dont la suspension aqueuse, qui se maintient parfois pendant plusieurs semaines, est à peu près infiltrable. Rosenheim et Davidsohn disent qu'il perd facilement son eau de constitution, mais l'examen du tableau de déshydratation qu'ils fournissent, montre combien

il a été établi hâtivement et sans critique. En effet, il débute à 115° avec une perte de $1^{mol},03$, et se termine à 230° avec une perte de $1^{mol},09$ d'eau; les auteurs ne nous disent pas comment fut séché le produit étudié, et à quelle température la perte d'eau a commencé.

Or le soi-disant hydrate β est en réalité de l'anhydride molybdique contenant une petite quantité d'eau d'adsorption. Tous les produits obtenus par moi, soit en opérant comme Rosenheim et Davidsohn, soit par des réactions analogues et présentant les caractères de l'acide β, ont après séchage à l'air à la température ordinaire, accusé des teneurs en eau extrêmement faibles. En voici quelques exemples :

	Dessiccation à T°.	Eau pour 100.
Dihydrate jaune + eau, chauffée au B.-M.	40°	3
Solution du dihydrate chauffée à 80°	30	2,1
Hydrolyse d'une solution de $SO^3\,MoO^3$ au B.-M	30	1,6
Hydrolyse de l'hydrate α au B.-M	35	2

L'examen de ces produits aux rayons X par la méthode de Debye-Scherrer nous a permis de vérifier cette affirmation : les spectres obtenus sont exactement ceux du MoO^3 calciné à basse température.

L'acide molybdique monohydraté β doit donc être rayé de la liste des hydrates molybdiques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Contribution à l'étude de l'action des rayons ultraviolets sur le fulminate de mercure.* Note de M. **André Borocco**, présentée par M. Marcel Delépine.

Du fulminate de mercure soumis au rayonnement d'une lampe à vapeur de mercure, change de couleur. Il devient jaune, puis brun; ce changement est fonction de la durée d'exposition. Le fait a été signalé par Patry et Laffitte [1]. Cependant à notre connaissance, aucune explication mettant en évidence la cause et le mécanisme de cette transformation n'a été donnée.

Étudiant l'action de l'ultraviolet sur la combustion et la détonation du fulminate de mercure, j'ai été amené à éclairer cette question. Les essais suivants effectués sur des fulminates gris, blancs et blancs recristallisés ont donné pour les trois sortes du produit des résultats identiques.

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 51, 1932, p. 1205.

Action de l'ultraviolet sur la couleur. — Le changement de coloration est fonction de la durée d'exposition ainsi que de l'intensité du rayonnement.

Spectres de rayons X. — Les spectres pour des fulminates non exposés et pour d'autres ayant subi des durées d'exposition variables ne présentent aucune différence. Il n'y a donc pas de changement de structure.

Étude microscopique des cristaux. — Comme pour les spectres, aucune différence.

Mesure de la densité. — La densité du fulminate n'est pas modifiée. Une série de mesures picnométriques, faites après des durées d'exposition variables, ont donné des nombres très voisins de 4,4.

Action de l'ultraviolet sur du fulminate maintenu dans le vide. — Dans un tube de quartz muni d'un rodage et d'un robinet, on introduit du fulminate de mercure; légèrement au-dessus, en évitant tout contact direct, on suspend une lame d'or. Le dispositif ainsi préparé, on fait le vide à la trompe à mercure.

Après un séjour de quatre semaines dans le vide, la lame d'or ne subit aucune altération. D'autre part, il ne se manifeste aucun dégagement gazeux.

Le tube de quartz étant soumis au rayonnement de la lampe, après trois jours d'exposition, la lame d'or blanchit. Il y a une mise en liberté de mercure qui, fonction du temps, est accompagnée d'un dégagement gazeux. Le gaz, extrait et analysé, nous a donné les résultats suivants :

Essai.	Quantité initiale.	O^2.	CO^2.	CO.	N^2O.	N^2.
	cm³					
1.........	4,2	0	0	2,8	0	1,5
2.........	0,41	0	0	0,27	0	0,16
3.........	3,2	0	0	2,1	0	1,0

Nous pouvons donc admettre que dans le vide, sous l'action des rayons ultraviolets, le fulminate de mercure est décomposé partiellement :



$$Hg(CNO)^2 \rightarrow Hg + 2CO + N^2.$$

Essais de combustion et de détonation du fulminate de mercure. — Nous employons la méthode décrite par H. Muraour et J. Wohlgemuth [2] :

---

(2) *Chimie et Industrie,* 36, III, septembre 1936, p. 472.

Fulminate soumis à l'ultraviolet.

Durée d'exposition.	Température d'allumage.	Essais.	Effets mécaniques nuls.	faibles.	moyens.	forts.
0	75°	12	8	4	–	–
12 heures	75	12	7	5	–	–
2 jours	75	12	8	4	–	–
8 »	75	12	8	4	–	–
15 »	75	12	9	3	–	–
0	50	15	12	3	–	–
12 heures	50	15	10	4	–	1
2 jours	50	15	11	4	–	–
8 »	50	15	12	3	–	–
15 »	50	15	12	3	–	–

Fulminate préchauffé.

Préchauffage. Température (en degrés).	Durée (en heures).	Température d'allumage (en degrés).	Essais.	Effets mécaniques nuls.	faibles.	moyens.	forts.
–	–	50	10	10	–	–	–
100	3	50	10	9	1	–	–
100	1,5	50	10	7	3	–	–
–	–	75	12	8	4	–	–
100	1,5	75	12	6	3	2	1

La confrontation des deux séries d'essais semble montrer, autant que le permet la méthode, une analogie d'action entre l'exposition à l'ultraviolet et le préchauffage, sur la combustion et la détonation du fulminate de mercure.

Conclusion. — Des diverses séries d'essais effectuées il résulte que, sous l'action prolongée de l'ultraviolet, le fulminate de mercure subit une décomposition partielle en mercure, oxyde de carbone et azote.

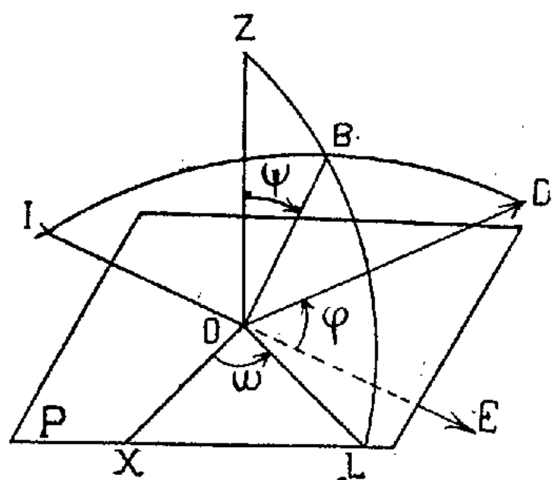
Cette décomposition se fait avec changement de coloration, mais sans modification physique ni structurale du produit. Elle est, par le fait, analogue à celle produite par la chaleur.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la diffusion des rayons X par un cristal.* Note de M. **Jean Laval**, présentée par M. Charles Mauguin.

Le pouvoir diffusant [1] d'un corps amorphe est fonction uniquement de l'angle que font le faisceau incident et le faisceau diffusé. Le pouvoir diffusant d'un cristal dépend et de la direction du faisceau incident et de la direction du faisceau diffusé : sa détermination pose de prime abord un problème à quatre paramètres. J'ai recherché si ce problème était vraiment aussi complexe.

Je me suis servi de faisceaux incidents monochromatiques. J'ai mesuré les intensités des faisceaux diffusés avec une chambre d'ionisation sensible à l'entrée d'un photon toutes les deux secondes. Les diffuseurs étaient des calcites et des unicristaux de sylvine.

Soient IO le rayon incident, OD le rayon diffusé, OB la bissectrice de l'angle $\widehat{IOD}$, OZ la normale à une famille de plans réticulaires P, et OX une demi-droite contenue dans un plan P. Excluons le cas où le faisceau incident subit une réflexion sélective : quand l'angle $\widehat{IOD}$ tourne autour de OB, le pouvoir diffusant reste constant au moins à 5 pour 100 près (nos mesures ne comportent pas d'erreurs supérieures à 5 pour 100). En



première approximation le pouvoir diffusant d'un cristal est donc fonction de trois variables seulement, à savoir : la valeur de l'angle de diffusion $\widehat{EOD}$, la longitude $\widehat{XOL}$ et la colatitude $\widehat{ZOB}$ de la bissectrice OB. Nous représentons ces trois variable par φ, ω et ψ.

---

[1] Soit un corpuscule plongé dans un faisceau parallèle et homogène, d'intensité I, de section droite S : ce corpuscule de masse dm a des dimensions suffisamment petites pour que l'absorption soit négligeable ; il diffuse dans un angle solide $d\omega$ un flux d'intensité di : le pouvoir diffusant a pour expression $A = S\, di/I\, dm\, d\omega$.

Même simplifié de la sorte, le problème de la diffusion par un cristal requiert une étude fort longue. Aussi dans cette note me limiterai-je à un cas particulier : celui où les conditions géométriques de la diffusion diffèrent peu des conditions géométriques de la réflexion sélective. Soit θ_k un angle de Bragg défini par l'intervalle d qui sépare les plans P : $\sin\theta_k = k\lambda/2d$. Posons $\delta = (\varphi/2) - \theta_k$. Dans l'exposé qui suit il sera entendu que δ reste petit en valeur absolue (inférieur à 3° dans la diffusion des radiations $M_oK\alpha$ par une calcite à la température ordinaire).

1° Maintenons φ et ω constants. Si ψ croît à partir de zéro, le pouvoir diffusant diminue d'abord puis il devient constant. Il atteint donc son maximum quand le rayon diffusé satisfait aux conditions de Descartes par rapport aux plans P.

2° Représentons le pouvoir diffusant par G quand il est constant et par Γ lorsque ψ est nul. Si φ demeure constant et que ω varie, Γ reste constant, mais en général G varie. Soit γ la plus petite valeur prise G quand ω croît depuis zéro jusqu'à 2π. L'oscillation $\Gamma - \gamma$ mesure l'effet d'orientation des plans P pour l'angle de diffusion φ.

3° Le pouvoir diffusant varie de même quand δ est nul. Dans ce cas Γ mesure le pouvoir réflecteur.

4° Si δ croît en valeur absolue à partir de zéro, l'oscillation $\Gamma - \gamma$ diminue d'abord, elle s'annule ensuite. La courbe qui représente la variation de $\Gamma - \gamma$ en fonction de δ définit un domaine angulaire de diffusion. Un tel domaine est lié à chaque réflexion sélective.

5° Si Γ se rapporte à du rayonnement diffusé (et non à du rayonnement sélectivement réfléchi), l'oscillation $\Gamma - \gamma$ croît lorsque la température du cristal s'élève

Les nombres inscrits dans les tableaux suivants concernent tous la diffusion des radiations MoKα par la sylvine à la température ordinaire. Le premier tableau donne le pouvoir diffusant (désigné par A) pour $\varphi/2$ égal à θ_{220}, soit à 18°,34; en outre, OX étant parallèle à une arête de la maille cubique, ω est nul. Le second tableau définit le domaine de diffusion 400 ($\theta_{400} = 13°3'$).

	ψ	1°,20.	2°,14.	4°,10.	6°,4.	8°,4.	10°,4.	12°,4.	14°,4.	16°,4.
I.	$A.10^2$	52	$19,_2$	7,2	$4,9_5$	3,7	3,0	2,7	2,5	2,5

	δ	−2°,4.	−1°,34.	−1°,4.	−34′.	+30′.	+1°.	+1°,30.	+2°.
II.	$(\Gamma - \gamma)10^2$	$0,3_5$	$0,9_5$	5,4	$23,_6$	$28,_8$	6,5	1,2	$0,5_0$
	$\gamma.10^2$	$2,1_4$	$2,2_2$	$2,3_0$	$2,3_4$	$2,4_3$	$2,4_6$	$2,4_8$	$2,5_0$

LITHOLOGIE. — *Sur les roches cristallines de la région de Nemours (Algérie).* Note de MM. **Marcel Gautier** et **Marcel Roubault.**

Les roches cristallines de la région de Nemours, telle qu'elle a été définie dans une précédente Note ([1]), appartiennent à deux groupes : roches grenues anciennes (granite de Nedroma) et roches microlitiques récentes (rhyolites, basaltes, andésites).

A. *Granite de Nedroma.* — L'affleurement, situé immédiatement à l'est de la localité, a une forme grossièrement elliptique (dimensions : W-E = 6^{km}, N-S = $2^{km},500$).

La roche est un granite à biotite et plagioclases, nettement calco-alcalin (éléments constants : quartz, orthose, plagioclases souvent zonés (andésine-oligoclase), biotite, un peu de muscovite ou de tourmaline; éléments accessoires : magnétite, zircon, apatite, sphène. Les analyses chimiques de deux types moyens ont conduit aux paramètres I(II).4.2.'4. (granite akéritique) et I'.4.2.(3)4. (granite monzonitique). Ce granite contient des zones nettement leucocrates : 1° de granulite dans lesquelles la muscovite remplace la biotite; 2° de véritable aplite pratiquement dépourvue de minéraux ferromagnésiens. Ces deux types leucocrates sont, en moyenne, moins riches en plagioclases que le granite, et l'orthose y occupe une place plus importante. Ces roches ont donné comme paramètres, pour une granulite I.4.1'.'4 (granulite quasi-alcaline) et pour une aplite I.3.1'.3' (aplite alcaline). Enfin ce granite présente d'assez nombreuses enclaves homœogènes, à grain plus fin, de couleur sombre et également à plagioclases.

Le granite de Nédroma est d'âge antéliasique, car remanié dans le poudingue de Beni-Menir, dont l'âge permien est incertain en raison de l'absence de fossiles, mais dont l'antériorité au Lias fossilifère n'est pas douteuse.

B. *Roches microlitiques récentes.* — 1° *Rhyolites du Bled Chaaba et de Hammam Bou Ghara.* — Ces rhyolites, déjà décrites par L. Gentil ([2]), sont des rhyolites monzonitiques à plagioclases, parfois à quartz globulaire. Elles traversent le Miocène inférieur (Cartennien); les tufs qui les accompagnent s'interstratifient à la partie inférieure du Miocène moyen (Helvétien).

([1]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1800.
([2]) *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2e série, n° 4, 1903.

2° *Andésites de Sebabna.* — Elles couvrent de grandes étendues dans la région de la mine de fer de Sebabna et atteignent le voisinage du territoire marocain (pitons des Menasseb Kiss, près de Martimprey du Kiss). Ces roches, à biotite et à hornblende, sont de teinte assez claire. La proportion de silice révélée par l'analyse chimique montre que ce ne sont pas de véritables andésites, mais plutôt des dacites (l'analyse d'un échantillon a conduit aux paramètres II.3'.3.'4. (dacite andésitique). Les éruptions de Sebabna ont traversé le Miocène moyen; elles ont sans doute eu lieu à la fin du Miocène ou au début du Pliocène (cailloux roulés dans les hautes terrasses).

3° *Basaltes ou roches voisines.* — Ils sont disséminés dans tout le pays et couvrent de très vastes étendues (région comprise entre Nedroma et Nemours, Basse Tafna, environs de Beni-Saf).

L'examen au microscope montre la présence assez fréquente d'augite et parfois d'andésine. L'analyse chimique de 5 échantillons a conduit aux paramètres suivants (classification de A. Lacroix) :

Bb el Hassa, II.4'.3(4).4.[2.1.1'.3.], andésite labradorique.
Djebel Tegmout, II.5.'3.4.['3.1.2.(2)3.], basalte.
Mishel, 'III.5.3(4).4'[2.3.'2.2.], basalte.
Cap d'Acra (Beni Saf), II.5.(4).5.'4.[3.1.1.'3.], andésite labradorique.
Oued Zlamet, II(III).5.3.(4)5.[2.2.2.2.], basalte.

La mise en place de ces basaltes commence dès le Miocène moyen et se poursuit jusqu'au milieu du Quaternaire. Les coulées de quatre d'entre eux sont interstratifiées dans l'Helvétien (Cap Milonia, Oued Bou Selit, Ouled Riah, Oued Bekiou). Les deux gisements de Nemours et de Beni Saf montrent des coulées comprises dans les formations caillouteuses de la terrasse marine de 100^{m}.

HYDROLOGIE. — *Gouffres et rivières souterraines du Haut Comminges (Haute-Garonne).* Note de M. **Félix Trombe**, présentée par M. François Grandjean.

La région du Haut Comminges comprend d'importantes surfaces de calcaire cristallin principalement dans les massifs de Paloumère (altitude 1610^{m}), du Piéjeau (1664^{m}), de Cagire (1899^{m}), de l'Esclette (1696^{m}) et du Gars (1786^{m}). Les connaissances spéléologiques relatives à ces massifs sont

restreintes (1) (2) et leur prospection nous a révélé de nombreux orifices de gouffres et de cavernes.

Les explorations (3) qui font l'objet de cette Note ont eu lieu principalement au Nord (Paloumère) et au Sud (Piéjeau) du col de Portet d'Aspet (Haute-Garonne). La plupart des cavités s'ouvrent dans le calcaire crétacé (Urgo-Aptien) qui repose en concordance sur les terrains jurassiques.

Seize puits ou gouffres et trois rivières souterraines ont été entièrement explorés. Certains puits sont obstrués dès les premières verticales par les éboulements superficiels. La liste de ceux dont la profondeur est supérieure à 30^{m} est donnée dans le tableau suivant :

Massif.	Puits.	Altitude de l'orifice (en mètres).	Profondeur (en mètres).	Température du fond (en degrés).	Terrain à l'orifice.
Piéjeau....	Couhaus	1400 (env.)	50	4,5	Calcaire (U. A.)
	Mouret	950	47	6	Schistes à faciès Albien
	Mouches	925	36	–	Calcaire (U. A.)
	Brouca	900 (env.)	35	–	Id.
Paloumère..	Mourens	1500 (env.)	33	5	Id.
	La Râpe	1490	37	5	Id.
	L'Arche	1420	75	5	Schistes à faciès Albien
	Paloumère (versant Est)	1450	60	5	Id.

Massif de Paloumère. — 1° *Le versant Est-Nord-Est* (*versant d'Arbas*) avait été exploré par Martel en 1908 jusqu'à une altitude de 1100^{m} (1).

Signalons sur le même versant, respectivement à 1500 et 1490^{m} d'altitude, les gouffres du *Plantillet* (prof. 125^{m}) et de *la Glacière* (prof. 85^{m}); ce gouffre, en forme de sablier, dans sa partie supérieure contient, à partir de -25^{m}, de considérables masses de glace compacte ou concrétionnée (temp. du gouffre à -30^{m}, $0^{\circ},5$).

Le même réseau hydrologique souterrain comprend, à une altitude inférieure (1350^{m}), également dans le calcaire, le ruisseau de Coumonère (long. 700^{m}) sensiblement horizontal.

---

(1) E.-A. Martel, *Annales du Ministère de l'Agriculture*, Fasc. 38, 1908, p. 16.

(2) N. Casteret, *Dix ans sous terre*, Paris, 1933, p. 241.

(3) Les explorations spéléologiques ont été effectuées avec la collaboration de MM. L. et M. Trombe, G. Dubuc, P. Chevalier, J. Legrand, H. Breneau et Guy Labour.

2° *Dans le versant Nord la grotte dite de Paloumère*, à concrétions argilo-calcaires, possède des puits inférieurs difficilement pénétrables.

3° *Le versant Sud-Ouest, versant de Ruisec* (*rivière sèche*), comporte géologiquement une bande de calcaire Urgo-Aptien limitée à l'Est par le recouvrement des schistes Albiens, à l'Ouest par l'affleurement de la dolomie jurassique (Bajocien-Bathonien). Le niveau calcaire, riche en cavités, suit la ligne de plus grande pente de la vallée de 1610 à 600^m. A cette dernière altitude jaillit une forte résurgence, la source du *lac Vert* (environ 100 litres-seconde).

Le réseau souterrain comprend près du sommet :

A 1550^m, la *grotte abîme du Cerf* (longueur 250^m) parcourue par un ruisseau de — 30 à — 123^m (perte impénétrable).

A 1520 et 1500^m, *les deux grottes abîmes de Burtetch* (*profondeur* 46 *et* 40^m) qui comportent des arrivées d'eau de faible débit (temp. 6°).

La vallée présente ensuite de nombreux affaissements superficiels ou *dolines* entre les orifices des 3 abîmes cités et la falaise de Ruisec où s'ouvrent les entrées de 2 cavernes (Alt. 1250 et 1235^m). La *caverne supérieure* est très importante (salles de plus de 100^m de long sur 60^m de large, cône d'éboulement de 70^m de hauteur, voûtes à 30 et 40^m). Deux ruisseaux occupent des galeries latérales; l'un peut être suivi dans des chutes successives à 55^m de profondeur. Ici comme dans le puits du Cerf, l'eau (temp. 6°) coule fréquemment sur la dolomie noirâtre du Jurassique (redans supérieurs des puits). La température est la même (6°) pour tout le réseau hydrologique (absorptions supérieures, caverne de Ruisec, résurgences de la vallée).

Les grandes salles de la caverne de Ruisec ont donné d'autre part :

1° Plusieurs poteries, dont une, entière, est de grandes dimensions (40^{cm} de hauteur); ses caractéristiques de pâte et de cuisson la rapprochent des poteries Néolithiques pyrénéennes, sa forme serait enéolithique [4].

2° Au voisinage de l'eau, un coléoptère Carabide (*Aphœnops cerberus*). L'existence de ce coléoptère a été signalée à l'Est du massif à une altitude plus faible (925^m, grotte de Peneblanque) [5].

En résumé, le massif de Paloumère, riche en cavités, glacières et rivières souterraines, possède, surtout dans ses hautes vallées, un régime hydrolo-

---

[4] *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 23, n° 3, 1936, p. 171.

[5] R. Jeannel, *Archives de Zoologie expérimentale*, 5, série Pl, n° 6, p. 478.

gique karstique; les eaux d'infiltration et d'affleurement ne sont pas purifiées par leur parcours souterrain et il convient de faire des réserves sur la pureté des eaux résurgentes qui en sont tributaires (6).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Modifications de la diffusion du glucose en présence des sels; cas des tissus végétaux*. Note (1) de Mlle **Lida Levina**, présentée par M. Marin Molliard.

Dans l'étude de la perméabilité cellulaire, il est fréquent depuis Overton qu'on place simultanément les tissus étudiés au contact de deux sortes de molécules dont le rôle expérimental est différent.

Par exemple dans les recherches récentes de L. Hofmeister (2), le glucose est utilisé comme *base plasmolytique* pour déterminer, à concentration convenable, un certain degré de plasmolyse de la cellule étudiée; l'addition d'une concentration choisie d'un corps tel que l'urée augmente d'abord la plasmolyse qui régresse ensuite. La courbe de la plasmolyse permet de déterminer une constante caractérisant la perméabilité de la cellule à l'urée.

F. C. Steward (3) applique le même principe à l'étude de l'action de la plasmolyse sur la diffusion au travers des tissus végétaux. Une tranche de Betterave est mise par ses deux faces au contact d'une solution de $CaCl^2$ de concentration convenable pour produire un degré donné de plasmolyse. Dans le liquide en contact avec une face, on ajoute une autre substance : le glucose; on étudie la diffusion par dosage de cette substance dans le liquide en contact avec l'autre face. Dans une série d'expériences comparatives, le plasmolysant est en concentrations variables, la substance diffusante en concentration fixe. L'action de la plasmolyse sur la diffusion est directement mise en évidence.

Les deux techniques prises pour exemple admettent le même postulat : la présence du plasmolysant ne modifie pas le phénomène concernant la

(6) La source du Surgeint (70 l/sec) qui jaillit au contact du Jurassique (Sud d'Arbas) est dans ce cas. Elle doit néanmoins alimenter prochainement de nombreuses communes de la vallée.

(1) Séance du 4 juillet 1938.

(2) *Bibliotheca botanica*, Heft 113, 1935.

(3) *Protoplasma*, 11, 1930, p. 521.

substance à laquelle il est adjoint : dans l'expérience de Hofmeister, le glucose, base plasmolytique, qui ne pénétrait pas dans la cellule quand il était seul à son contact, ne pénètre pas davantage une fois l'urée ajoutée; c'est uniquement la pénétration de l'urée qui explique la partie de la courbe où l'urée est présente. Dans l'expérience de Steward, le $CaCl^2$ n'a pas d'autre action que son action plasmolysante : si la plasmolyse était produite avec du glucose, en concentration isotonique au $CaCl^2$, la diffusion d'une quantité de glucose surajoutée d'un seul côté se produirait pour la même quantité comme en présence de $CaCl^2$. Diverses expériences montrent que ce postulat doit être soumis à une critique expérimentale.

Un dispositif rappelant un peu celui de Steward met en contact deux volumes de solution avec les deux faces d'un disque de Pomme de terre (épaisseur 5^{mm}). S'il y a une différence entre les deux solutions, la diffusion doit se produire au travers du disque avec une vitesse réglée par les conditions de perméabilité offertes par les cellules, qu'il y ait ou non plasmolyse.

Si sur la face A est installée une solution de glucose moléculaire et sur la face B de l'eau, le glucose passe très faiblement; après 24 heures, en B, il n'y en a que des traces indosables; après 48 heures, 0,00001 molécule.

On peut augmenter la concentration en A sans changer notablement le résultat (avec du glucose 2N, on retrouve en B, après 24 heures, moins de 0,00001 molécule). Si l'on mélange en A saccharose et glucose, de manière à faire une solution également normale en saccharose et glucose, il ne passe vers l'eau que des traces indosables de glucose.

Les faits sont tout différents si, en A, la solution, normale en glucose, comporte simultanément un sel tel que IK.

Concentration en A.	Glucose passé, en B (en molécule) de 0 à 24 heures.	de 24 à 48 heures.
Glucose N + IK N	0,00010	0,00054
» » + IK N/2	0,00006	0,00024
» » + IK N/4	0,00001	0,00010

Donc la diffusion du IK modifie complètement la perméabilité du disque de Pomme de terre pour le glucose.

L'expérience peut être réalisée suivant un type un peu différent, fournissant des résultats plus démonstratifs encore : on place en A et B la même substance plasmolysante; on ajoute, en A uniquement, le glucose dont on étudie la diffusion. On aura par exemple en A : saccharose N + glucose N; en B, saccharose N. Ou bien c'est IK qui sera employé comme plasmo-

lysant des deux côtés du disque. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Plasmolysant utilisé en A et B.	Glucose passé (en molécule) de 0 à 24 heures.	de 24 à 48 heures.
Saccharose N	traces indosables	0,00004
IK N	0,00041	0,00062
IK N/2	0,00024	0,00057

Ainsi la diffusion du glucose est considérablement augmentée du fait de la présence de IK. On a choisi avec ce sel une substance déterminant évidemment des lésions des cellules. Les mêmes phénomènes se trouveraient réalisés, avec moins d'intensité toutefois, en présence de NaCl, $CaCl^2$, etc. qui sont moins toxiques.

Il est donc nécessaire de déterminer avec soin, dans l'emploi des *essais partiels*, en plasmométrie, les substances qu'on peut associer. Sans doute, après plasmolyse par le glucose qui ne pénètre pas dans la cellule, l'addition d'un sel fait-elle pénétrer le glucose en même temps que le sel lui-même. Sans doute aussi, les expériences analogues à celles de Stewart donnent-elles une mesure inexacte de la diffusion dans un tissu plasmolysé : le coefficient de diffusion relativement élevé présenté par le glucose en présence d'un sel semble la conséquence de l'action du sel sur les cellules vivantes.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Lobéliacées. Développement de l'embryon chez le* Lobelia syphilitica *L.* Note de M. **Pierre Crété**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Chez le *Lobelia syphilitica*, la cellule-œuf, allongée en tube, se partage par une cloison transversale en deux cellules superposées très inégales *ca* et *cb* (*fig.* 1). La cellule inférieure *cb*, par une série de divisions, surtout transversales, engendre la partie inférieure, assez développée, d'un suspenseur filamenteux. Elle ne prend pas part à la construction de l'embryon proprement dit, mais, à ses dépens, se produit un bourgeonnement cellulaire particulier sur la signification duquel je reviendrai dans une autre publication.

La cellule supérieure, *ca*, comme le démontrent les figures 2 à 8, donne une tétrade en T à trois étages, *l*, *ph*, *h*. L'étage *l*, bicellulaire, par cloisons méridiennes, produit quatre octants supérieurs, aux dépens desquels se développe la partie cotylée, par des

processus de division que mettent suffisamment en lumière les figures 10, 12, 14, 15 et 16. L'étage *ph*, monocellulaire, par cloisons méridiennes cruciales, donne naissance à quatre octants inférieurs (*fig.* 11). Les figures 12 à 15 montrent comment se différencient, dans cet étage, les trois histogènes, dermatogène, périblème et plérome. Cet étage produit toute la partie hypocotylée. L'élément inférieur de la tétrade, *h*, se

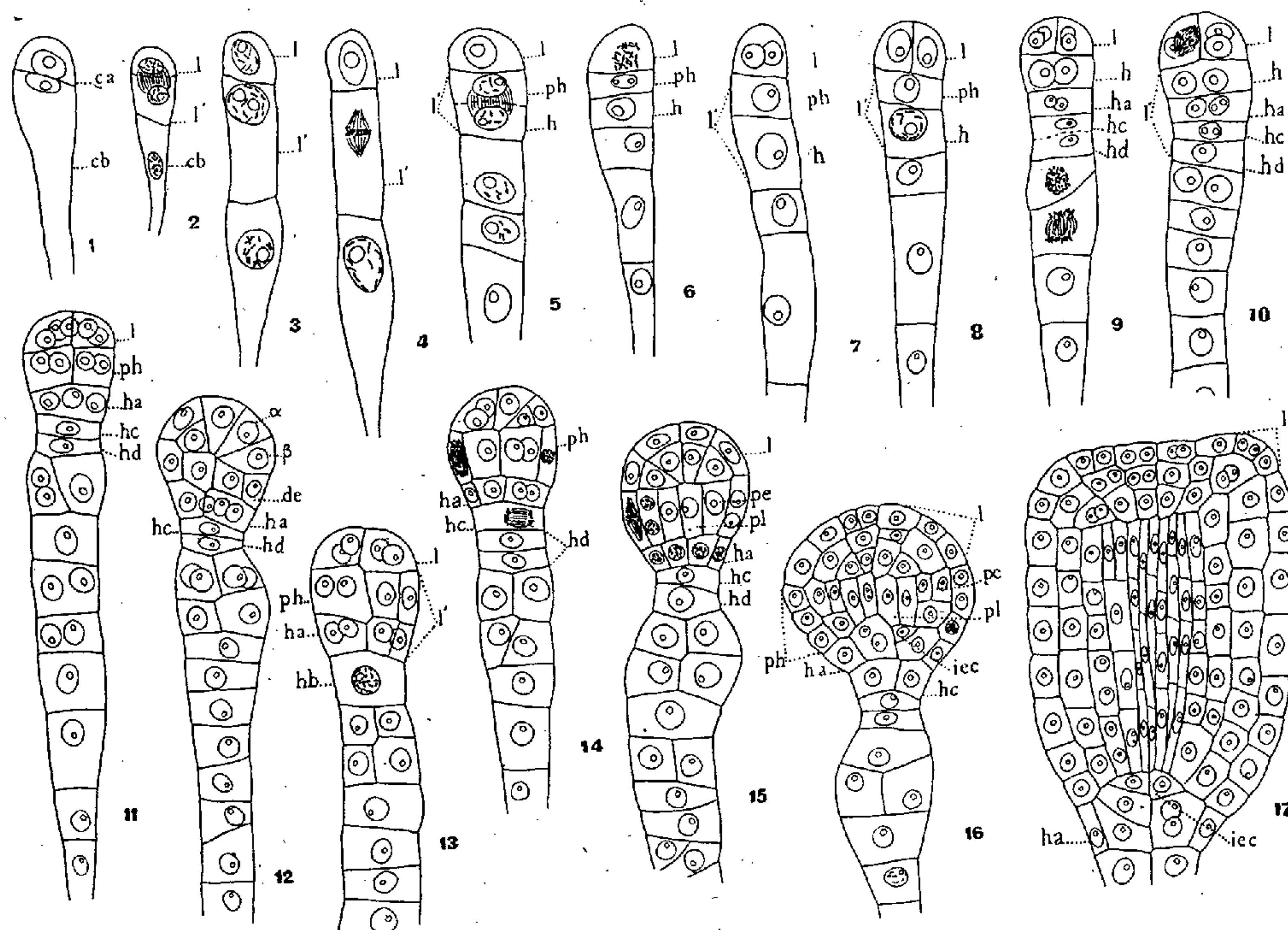


Fig. 1 à 17. — *Lobelia syphilitica* L. — Les principaux termes de développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale, et *cb*, cellule basale du proembryon bicellulaire; *l*, cellule fille supérieure de *ca* ou partie cotylée; α et β, cellules filles de l'octant supérieur; *ph*, cellule fille supérieure de *l'* ou partie hypocotylée; *ha*, cellule fille supérieure de *h*, génératrice des initiales de l'écorce de la racine et de la portion médiane de la coiffe; *hc* et *hd*, cellules filles de *hb*, génératrices de quelques éléments du suspenseur et de la portion culminante de la coiffe; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, cellules filles de *ha*, initiales de l'écorce de la racine. G. : 410.

partage, par une cloison transversale, en deux cellules superposées, *ha* et *hb*. La cellule *ha*, par divisions verticales cruciales, donne quatre cellules circumaxiales (*fig.* 12), qui, un peu plus tard, se segmentent tangentiellement (*fig.* 14 et 15); elles donnent ainsi naissance à des éléments périphériques qui entrent dans la composition de la coiffe et à quatre cellules intérieures adjacentes à l'axe. Celles-ci se partagent par des cloisons à peu près horizontales en deux éléments superposés (*fig.* 16 et 17); le groupe des quatre éléments supérieurs, ainsi engendrés, constitue la tétrade des initiales de l'écorce de la racine; les quatre éléments inférieurs, en se cloisonnant encore transversalement, puis verticalement, donneront la portion centrale de la

coiffe. La cellule *hb* se divise encore en deux éléments superposés *hc* et *hd* (*fig.* 9 et 13); elle donne naissance à des éléments (*fig.* 16) qui peuvent entrer dans la construction de la portion culminante de la coiffe et à la portion supérieure, rétrécie, du suspenseur.

En résumé, les lois du développement de l'embryon, chez le *Lobelia syphilitica*, sont fondamentalement identiques à celles que R. Souèges [1] a décelées chez le *Campanula patula* et le *Jasione montana*, deux espèces de la famille des Campanulacées. Chez le *Lobelia*, cependant, les initiales de l'écorce de la racine ne se différencient pas directement aux dépens des quatre premières cellules intérieures de l'étage *ha*, mais aux dépens des cellules filles de ces cellules. Les divisions qui président à cette différenciation rappellent celles qui ont été observées chez l'*Urtica pilulifera* [2]. Ces recherches embryogéniques démontrent les très étroites affinités des Campanulacées et des Lobéliacées.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la localisation du cuivre dans les tissus foliaires de la vigne après traitement au sulfate de cuivre.* Note de MM. **Pierre Castel** et **Marcel Bosc**, présentée par M. Émile Schribaux.

Le but de cette étude est de rechercher si le cuivre pénètre ou non dans les tissus foliaires de *Vitis vinifera* L., après les sulfatages que nécessite la défense du vignoble contre le Mildiou.

La solution de ce problème n'est pas sans importance pratique; elle a depuis longtemps préoccupé les chercheurs.

D'après Schlœsing (*Bull. de la Soc. nationale d'Agriculture de France*, séance du 11 nov. 1885), le cuivre est absorbé par la plante en quantité assez grande pour donner aux liquides constitutifs des feuilles une concentration incompatible avec le développement du parasite. Cornu (*ibid.*, séance du 14 mars 1886) pensait au contraire que le métal est plus spécialement retenu par les membranes que le tube germinateur des zoospores est obligé de percer pour opérer l'infection de la feuille. Millardet [1] sépara la cuticule du reste de la feuille par destruction du tissu foliaire

---

[1] R. Souèges, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 2009; **206**, 1938, p. 278.
[2] R. Souèges, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 68, 1921, p. 172.

[1] *Nouvelles recherches sur le développement du Mildiou et de l'Anthracnose*, Paris, 1887.

à l'aide d'acide sulfurique convenablement dilué. Il montra ensuite expérimentalement que la cuticule isolée possède à un haut degré le pouvoir de fixer le sulfate de cuivre d'une solution de ce sel. Et c'est en raison de la préservation à longue échéance que pouvait donner, dans une certaine mesure, une pulvérisation de sulfate de cuivre, que Millardet concluait à une « pénétration du cuivre de la face supérieure à la face inférieure de la feuille ».

Nous nous sommes proposé d'utiliser une technique histochimique qui, moins brutale que la méthode chimique employée par Millardet, conserve l'architecture de l'organe à étudier et permette une localisation du cuivre.

Les prélèvements des feuilles ont été échelonnés de quelques jours à deux mois après la pulvérisation de sulfate de cuivre. Les feuilles ont été soigneusement débarrassées de tout dépôt superficiel.

Dans le but d'obtenir simultanément la fixation des tissus et la précipitation du cuivre *in situ*, sous forme de sulfure de cuivre, nous avons préparé le mélange suivant

(1) alcool absolu *aa*, chloroforme *aa*, ClH pur 2 %,

dans lequel nous avons fait passer jusqu'à saturation un courant d'hydrogène sulfuré pur.

Ce liquide constitue un fixateur capable de véhiculer à travers les tissus une proportion élevée d'hydrogène sulfuré en milieu chlorhydrique. En outre, la fixation-imprégnation des pièces est rapide (2 heures). Il peut y avoir formation de grains noirs de sulfure de fer, mais on les différencie facilement des dépôts de sulfure de cuivre par la réaction au ferrocyanure de potassium pratiquée sur les coupes, et qui fait apparaître un liséré bleu de Prusse autour des pigments ferrugineux.

De plus, une contre-épreuve est toujours faite avec des feuilles n'ayant pas reçu de sulfate de cuivre.

Nous avons, en deuxième lieu, préparé et utilisé le fixateur suivant :

(2) formol à 10 pour 100 100^{cm^3}; arsénite de soude $2^g,5$; ClH pur 2^{cm^3}.

Les pièces y sont laissées pendant trois jours. Le cuivre précipite à l'état d'arsénite de cuivre vert.

L'alcool, le formol et l'arsénite de soude n'ont été utilisés qu'après essais montrant l'absence de métaux usuels dans ces produits.

Dans un cas comme dans l'autre, les inclusions ont été faites à la paraffine. Les coupes, d'une épaisseur de 5^{μ}, ont été faites au microtome de

Minot. Elles ont été déparaffinées et fixées sur lame suivant la technique histologique courante. Les coupes s'accommodent d'une légère coloration de fond à l'éosine et même de la double coloration hématéine-éosine, sans que l'observation des dépôts métalliques soit gênée.

Résultats. — Avec le réactif (1) nous avons observé une localisation très nette du cuivre sur la cuticule. La cuticule a un très grand pouvoir de rétention vis-à-vis du cuivre, ce qui confirme les résultats de l'expérience de Millardet à ce sujet. Mais aucun dépôt du métal n'a été décelé à l'intérieur des cellules. Les tissus lacuneux et palissadique n'en renferment pas.

Avec le réactif (2) les résultats sont identiques; sur la cuticule, le cuivre est moins visible que dans l'expérience précédente, mais il devient très apparent après immersion des coupes, pendant 20 minutes, dans une solution à 1 pour 100 de diphénylcarbazide dans l'alcool à 60°.

En outre, de nombreuses coupes ont été soumises à l'action de divers réactifs très sensibles du cuivre : le ferrocyanure de potassium, l'alphabenzoïnoxime, le sel d'ammonium de la nitroso-phényl-hydroxylamine, la solution concentrée d'acide bromhydrique renfermant des traces de brome libre, le réactif de G. Bertrand et de Saint-Rat à l'urobiline.

En aucun cas il n'a été possible de mettre en évidence la présence du cuivre à l'intérieur des organes sulfatés.

Il est donc permis de conclure que, dans le cas des sulfatages, tels qu'on les pratique habituellement dans le vignoble, le cuivre se localise nettement sur la cuticule et qu'il ne pénètre pas à l'intérieur des tissus foliaires de *Vitis vinifera* L.

ZOOLOGIE. — *Divers modes de sexualité chez les Mollusques Lamellibranches de la famille des Pectinidés; changement de sexe et hermaphrodisme transitoire chez* Chlamys varia *L.* Note (1) de M. **Jean Dalmon**, présentée par M. Charles Pérez.

Les Pectinidés des côtes atlantiques françaises, représentés par les genres *Pecten*, *Chlamys* et *Hinnites*, résument, dans leur évolution génitale, les divers modes connus chez les Mollusques Lamellibranches.

Nous avons étudié la reproduction de ces trois genres dans les espèces *Hinnites distortus* da Costa (= *Pecten pusio* L.) *Pecten maximus* L., *Chlamys opercularis* L. et *Chlamys varia* L.

(1) Séance du 4 juillet 1938.

La glande génitale des Pectinidés, dite bosse de polichinelle, se trouve tout entière en avant du muscle adducteur, sous la masse hépatique. Les organes de Bojanus, évacuateurs des produits génitaux, sont placés contre le muscle, de part et d'autre de cette glande, traversée elle-même par les circonvolutions de l'intestin.

Une coloration particulière de la bosse de polichinelle caractérise extérieurement chaque sexe et son évolution.

Les éléments gonadiaux sont élaborés dans des glandes à acini plus ou moins sphériques, et l'émission ou la ponte se font par l'intermédiaire de leurs canaux vecteurs ciliés confluents, qui débouchent dans chacun des organes de Bojanus.

Hinnites distortus da Costa est unisexué. Chaque individu, au cours de son existence, évolue vers un type bien déterminé de mâle ou de femelle, à pourcentage égal, sans aucune alternance.

Pecten maximus L. et *Chlamys opercularis* L., au contraire, sont hermaphrodites. Chaque individu présente une glande génitale partagée en deux parties, l'une postérieure mâle (blanche), l'autre antérieure femelle (rouge), avec protérandrie et sans autofécondation possible.

Chlamys varia L. a une évolution génitale toute particulière et possède un stade d'hermaphrodisme simultané.

Grâce à la coloration différente de la bosse de polichinelle, nous avons pu établir un pourcentage des deux sexes sur un matériel prélevé au banc de La Flotte (île de Ré) et en golfe du Morbihan, pendant deux périodes de reproduction (1936-1937 et 1937-1938).

L'animal entre, en général, en activité génitale au début de l'année. A cette époque la proportion des mâles (blancs) est la plus grande par rapport aux animaux immatures à glande diaphane. En juin le nombre des femelles à glande jaune d'or prédomine. Entre ces trois types, au cours de l'évolution saisonnière, se placent des individus dont la glande commence à prendre une teinte jaune très pâle, surtout vers la pointe de la bosse de polichinelle. Après la ponte (en juillet), la glande entre, pour tous les individus, dans une période de repos et de vacuité. Le pourcentage des femelles est variable. Il est augmenté par année chaude avec ponte précoce.

Histologiquement, les glandes blanches correspondent à des acini bourrés par une spermatogénèse intense. En allant de la périphérie à la lumière de l'acinus, on trouve : des spermatogonies, des spermatocytes, des spermatides et des spermatozoïdes si l'animal est à maturité.

Chez les individus dont la glande est d'un beau jaune d'or, en général les acini sont bourrés d'oocytes. Ceux qui présentent une teinte jaunâtre uniforme dans toute la glande ont des acini avec le centre vide et la périphérie occupée par une oogénèse en évolution. Mais les glandes ayant seulement la pointe jaunâtre et le reste blanc, un peu diaphane, sont extrêmement intéressantes au point de vue biologique. *Dans le même acinus*, on trouve à la fois une spermatogénèse et une oogénèse, qui se traduisent par la présence de spermatogonies et d'oogonies et même de spermatozoïdes et d'ovules.

Nous avons actuellement, dans notre matériel histologique, trois types de cette phase transitoire.

Le *premier type* est marqué sur la glande entière dont les acini sont complètement vides, par une localisation active à l'opposé de la pointe (près de la communication avec l'organe de Bojanus) d'acini présentant au centre des spermatozoïdes et, à la périphérie, des oogonies et des oocytes. Sur quelques coupes on voit des spermatozoïdes en émission.

Sur *le second*, la partie antérieure de la glande présente des acini dont la lumière est vide et, à la périphérie, des oogonies, des oocytes et des spermatogonies, *dans le même acinus*.

En remontant vers la partie postérieure de la glande, on trouve des acini avec, à la fois, en allant du centre à la périphérie : des spermatozoïdes, des oocytes et, entre ces derniers, des spermatogonies.

Sur *le troisième*, la maturation de la glande est uniforme et chaque acinus montre : des spermatides au centre et des oocytes à la périphérie, et sur certaines coupes, les oocytes semblent repousser les spermatides pour se faire un passage vers la lumière de l'acinus.

En résumé, chez *Chlamys varia* L., l'hermaphrodisme protérandrique se présente sous la forme de changement de sexe, mais avec une évolution tellement rapide qu'on peut constater, chez certains individus, une conjonction et une superposition des deux stades mâle et femelle, dans la même glande, le même acinus, avec présence simultanée, de gamètes des deux sexes, à un stade si proche de la maturité que la possibilité d'une autofécondation ne peut être exclue *a priori*.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Démonstration de l'existence de fluctuations dans l'aspect physique et chimique des complexes lipo-protéiques* (*Mouvement brownien chimique*). Note de MM. **Israël Grundland** et **Henri Bulliard**, présentée par M. Charles Pérez.

Nous avons pu rapprocher l'évolution morphologique des lipides surrénaux dans nos préparations microscopiques du comportement des complexes lipo-protéiques isolés, vis-à-vis des solvants des corps gras.

M. Macheboeuf, d'autre part, a réussi à obtenir, aux dépens du sérum, des complexes lipo-protéiques qui précipitent à peu près quantitativement aux environs du pH 3,9 à 3,8 et se remettent en solution limpide dans l'eau, lorsque l'on ramène le pH à 7. Ces solutions aqueuses sont parfaitement limpides, et pourtant elles sont constituées seulement par moins de 60 pour 100 de protides et plus de 40 pour 100 de lipides. Dans la fraction lipo-protéique ainsi extraite des albumines du sérum, *non seulement les lipides sont solubles dans l'eau et sont masqués à leurs solvants, mais en outre les protéides elles-mêmes sont masquées à leur réactif coagulant qu'est l'alcool.*

Or, quand les conditions sont telles que le complexe lipo-protéique isolé cède sa graisse aux solvants, dans les mêmes conditions la graisse disparaît également sur notre coupe montée à la paraffine (au moment du passage par le toluène). Nous avons l'aspect clair de la préparation microscopique, qui nous permet de dire que la surrénale est riche en graisses. Sur des préparations coupées à congélation, la coupe est riche en plages soudanophiles, par conséquent riche en graisses. Cet aspect correspond à une dissociation du complexe lipo-protéique.

Au moment où le toluène ne peut plus s'emparer de la graisse des complexes isolés, la coupe correspondant à cet état énergétique est sombre; à congélation, elle n'est pas soudanophile. Nous disons que la surrénale est pauvre en graisses. Cependant *ceci ne correspond nullement à un départ des graisses et*, par contre, *traduit une augmentation de cohésion au sein du complexe lipo-protéique.*

Dans cette évolution parallèle chimique et morphologique, nous pensons voir l'expression de divers aspects de l'activité moléculaire du complexe lipo-protéique. En effet, entre une phase aqueuse et une autre constituée par un complexe lipo-protéique se crée un équilibre instable. L'excitation, quelle que soit sa nature, trouble cet équilibre instable en agissant soit sur le libre parcours moyen, soit sur la densité et le plus souvent sur les deux

facteurs à la fois. L'introduction de quelques molécules crée une perturbation du système donné, qui pour un libre parcours peu modifié, recevra davantage de projectiles.

Si l'on continue à troubler le système donné par une addition de nouvelles molécules, ce libre parcours moyen des ions diminuera en proportion inverse de leur densité. Il en résultera que le complexe lipo-protéique, après avoir reçu un maximum de projectiles par unité de surface, en recevra d'autant moins que la densité des ions sera grande (*Viscosité des mélanges de gaz*, Maxwell, Kuenen, Chapman, Enskog). La répercussion sur ledit complexe sera d'abord le resserrement des liens à l'intérieur de son complexe-sel, par suite d'augmentation de son énergie; puis, consécutivement à la diminution de son énergie de translation, une détente à l'intérieur de son complexe-sel (dissociation). Le relâchement à l'intérieur du complexe, causé soit par la carence, soit par l'excès d'excitants (états de souffrance de l'organisme), se manifeste par l'aspect clair de la coupe à la paraffine. Le resserrement des liens (activité physiologique normale), par contre, s'extériorise morphologiquement par un aspect sombre de la préparation microscopique montée à la paraffine; la graisse est en effet masquée à son solvant, et même les fractions protidique basique et lipidique acide retiennent les colorants. L'évolution morphologique des lipides s'inscrit sur une courbe sinusoïdale; de riches en graisses, les préparations microscopiques paraissent s'en appauvrir, pour réapparaître riches ensuite, sous l'influence d'une excitation que l'on continue.

Dans le cas du démasquage que nous avons obtenu, l'atmosphère nouvelle dans laquelle s'est trouvée la préparation n'a pas pu assurer au complexe lipo-protéique l'apport énergétique qu'il recevait dans le système vivant de la lapine, d'où il résulta une dissociation du complexe. Dans le cas du masquage, le complexe lipo-protéique de la surrénale, qui se trouvait dissocié dans le système vivant du cobaye, du fait de l'échange énergétique avec le nouveau milieu, a vu son énergie augmenter, il en résulta la recombinaison du complexe lipo-protéique.

Examinons maintenant les cadres mathématiques de *l'activité moléculaire*, nous voyons que cette activité est en rapport inverse de la viscosité, donc dans le cas étudié, inverse de la cohésion du complexe lipo-protéique. Ceci s'explique facilement par le fait que, dans le complexe dissocié, les déplacements dans certaines directions sont plus facilement réalisables, donc enregistrés avec plus de facilité et de fréquence. Ce stade intéressant pour une étude du comportement moléculaire (dissociation), cède cepen-

dant, *au point de vue importance biologique*, la place au moment où la cohésion (la viscosité) est la plus forte, où les mouvements des ions deviennent synchrones et si rapides qu'ils ne peuvent plus être suivis.

A ce moment-là, les irrégularités, les déplacements sont réduits au strict minimum : les chocs que reçoit une particule sont très fréquents et se compensent presque exactement. Les fluctuations résulteraient d'une altération de cet équilibre tendant à diminuer l'activité moléculaire.

Conclusion. — Nous avons rapproché l'évolution morphologique des lipides surrénaux dans nos préparations microscopiques, du comportement des complexes lipo-protéiques isolés, vis-à-vis des solvants des corps gras. Dans cette évolution parallèle chimique et morphologique, nous pensons voir l'expression de divers aspects de l'activité moléculaire du complexe lipo-protéique. En partant de cette hypothèse, nous avons pu masquer et démasquer les graisses sur des préparations microscopiques.

Ces constatations sont susceptibles de nous permettre l'observation des fluctuations dans la structure physique et chimique du complexe lipo-protéique et par là-même nous mener à l'étude du mouvement brownien chimique.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur les variations de la viscosité du sérum antivenimeux en présence de son antigène.* Note [1] de M. **Jean Loiseleur**, présentée par M. Émile Roubaud.

Dans le sérum sanguin, les particules sériques sont hydratées, c'est-à-dire que chacune est entourée de couches d'eau liées et orientées (Kruyt). Par suite les particules dispersées sont beaucoup plus volumineuses que les molécules d'eau qui les entourent et présentent une résistance au déplacement dans le milieu de suspension : d'où une viscosité notable, résultant de deux facteurs, la taille des particules et leur volume respectif par rapport au solvant.

I. Si l'on ajoute de l'eau à un sérum quelconque, il y a dilution du solvant. La viscosité présente une chute immédiate et se stabilise à cette valeur inférieure, ce qui montre que l'hydratation des particules n'est pas modifiée, tout au moins dans les premières minutes consécutives. Pour

---

[1] Séance du 4 juillet 1938.

une addition de 10 pour 100 d'eau, la viscosité diminue ainsi de 8,9 pour 100 (partie pointillée de la courbe).

Si l'on répète l'expérience, non plus avec de l'eau, mais avec une solution protéique *quelconque*, le phénomène reste le même; la chute de la viscosité est simplement moins marquée, le co-volume des particules protéiques diminuant le volume absolu de l'eau ajoutée.

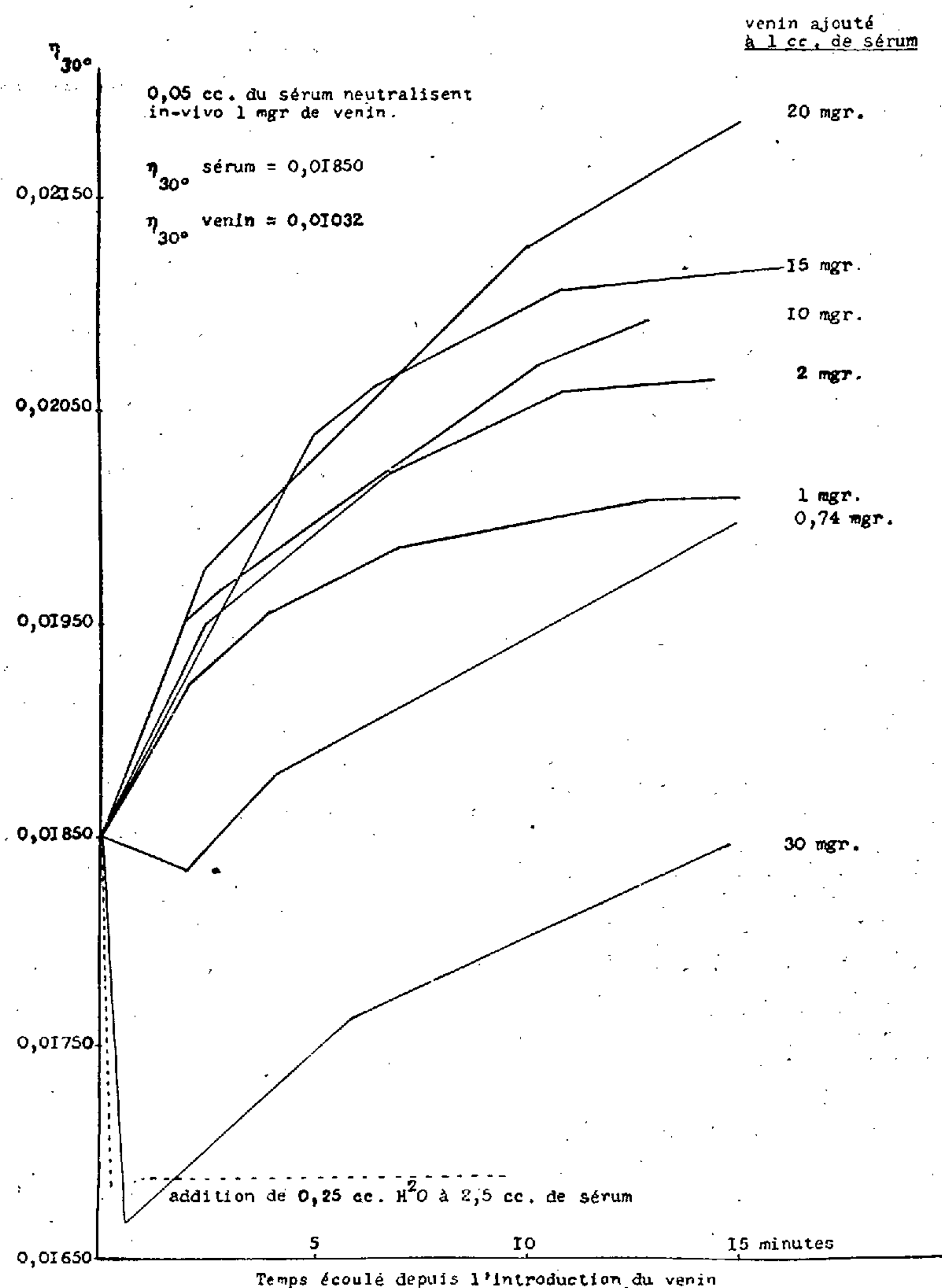
II. L'allure du phénomène change totalement quand on met en présence *un sérum antivenimeux et son antigène*. L'expérience a été faite avec une solution de venin (*Vipera Aspis*) et le sérum spécifique correspondant. Le viscosimètre est constitué par deux cylindres coaxiaux, l'un servant de cupule et animé d'un mouvement uniforme de rotation, l'autre entraîné par la solution et équipé d'un miroir et d'un dispositif de zéro. La constance de la température (30°) est assurée au 1/20e de degré ($\pm$1/40^e). 2$^{cm^3}$,5 de sérum sont introduits dans l'appareil. Le viscosimètre une fois équilibré (plateau de la courbe), on ajoute le venin et l'on suit les variations de la viscosité.

Pour une zone convenable des concentrations, on observe toujours une augmentation de la viscosité. Cette augmentation se manifeste immédiatement, dès le contact du venin et du sérum; elle augmente dans les minutes qui suivent, et la viscosité ne s'établit à une nouvelle valeur stable qu'après une latence de quelques minutes. Ceci démontre que la combinaison du sérum et du venin est lente et progressive. L'intensité du phénomène dépend de la quantité d'antigène mise en œuvre. En additionnant un même volume de sérum de quantités respectivement croissantes de venin, on constate d'abord une augmentation continue et proportionnelle de la viscosité. Fait important, le maximum (augmentation de 18,1 pour 100) est atteint quand la quantité de venin introduite (20^{mg} pour 1$^{cm^3}$ de sérum) correspond à celle indiquée par le dosage biologique (*voir* la figure). Si l'on poursuit l'expérience avec des doses supérieures de venin (30^{mg} pour 1$^{cm^3}$ de sérum), il y a un renversement brutal de la courbe qui présente d'abord une chute, suivie d'un relèvement progressif.

L'allure du phénomène est suffisamment démonstrative pour permettre de baser l'étalonnage d'un sérum sur une série de mesures de viscosité.

III. Dans le phénomène précédent, deux actions antagonistes se sont superposées, d'une part la dilution par l'eau non liée de la solution de venin (il a été montré précédemment que cette dilution entraîne une

diminution de la viscosité) et d'autre part l'action du venin sur les particules du sérum spécifique. Le fait que l'effet final sur la viscosité se traduit



Effet de l'addition de quantités croissantes de venin à $2^{cm^3},5$ de sérum antivenimeux. La viscosité augmente d'abord proportionnellement et atteint son maximum pour 20^{mg} par centimètre cube. Au delà de cette valeur qui correspond à l'effet biologique maximum du sérum, l'allure de la courbe change entièrement.

par une augmentation montre que l'action intéressant les particules protéiques a été prépondérante. Conformément à ce qui a été exposé initialement, il y a donc eu augmentation de la taille des particules sériques par

accolement des molécules du venin, preuve de la fixation directe de l'antigène sur l'anticorps. L'examen des courbes montre que, pour une certaine zone de concentration, cette combinaison se forme immédiatement, augmente progressivement avec le temps et que son intensité est proportionnelle à la quantité des constituants de la réaction.

En résumé un sérum antivenimeux subit, au contact de son antigène spécifique, une augmentation immédiate de viscosité, résultant de la fixation directe de l'antigène sur les particules sériques.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Étude de l'action peroxydasique de l'hémoglobine*. Note (¹) de MM. **Michel Polonovski** et **Max Jayle**, transmise par M. A. Desgrez.

Il est classique d'attribuer à l'hémoglobine des propriétés peroxydasiques analogues à celles des peroxydases, mais d'une activité calalytique qui, d'après Willstätter, est environ 10000 fois inférieure à celle de préparations actives de peroxydase végétale.

Ces catalyseurs se différencient déjà par leur comportement différent vis-à-vis de la chaleur et surtout vis-à-vis du peroxyde qui détruit rapidement l'hémoglobine.

L'étude de la catalyse de la réaction *peroxyde-iodure de potassium* montre la cinétique différente des systèmes peroxydasiques. La vitesse de libération d'iode dans le cas de la peroxydase est continue et régulière et s'inscrit selon une droite. Elle devient nulle au contraire dans le cas de Hb quand est réalisé un certain état d'équilibre $I^2 \rightleftharpoons 2IH$.

Quand on modifie le système peroxydase-peroxyde-iodure par l'addition d'un réducteur tel que l'hyposulfite, le glutathion, la cystéine, l'acide ascorbique et qu'on titre l'iode libéré en retour, on trouve les mêmes valeurs qu'en l'absence de réducteurs. Dans le cas de Hb, la vitesse de la réaction varie considérablement selon le réducteur utilisé.

L'activité du système est liée dans le cas de l'hémoglobine au potentiel d'oxydo-réduction du milieu, alors qu'elle en est indépendante pour toutes les peroxydases quand on utilise les réducteurs ci-dessus cités.

(¹) Séance du 4 juillet 1938.

Nous résumons brièvement la méthode de dosage de l'activité peroxydasique que nous avons mise au point :

On introduit dans une capsule plongeant dans un thermostat à 25° et munie d'un système d'agitation mécanique : 1^{cm^3} de la solution de la peroxydase, 3^{cm^3} IKM/10, $0^{cm^3},5$ acide ascorbique M/10. Dans un autre récipient on introduit 10^{cm^3} de solution de citrate M/20 au pH d'action optimum de la peroxydase, 1^{cm^3} de peroxyde N/10 et trois gouttes d'empois d'amidon, le tout maintenu à la température de 25°. L'agitateur étant en mouvement, on introduit rapidement le contenu du deuxième récipient dans le premier en mettant en marche au même instant un chronomètre. On note le temps d'apparition brusque de la coloration bleue. On refait la même opération en faisant varier les quantités de solution d'acide ascorbique M/10.

On a ainsi effectué un dosage en retour de l'iode libéré par le système en activité et on calcule graphiquement la quantité d'iode N/100 libérée au bout de 3 minutes.

Nous exprimons cette quantité en unités d'iode (U.I) et nous calculons le coefficient d'activation de la réaction C.A. = U.I./U.I.$_t$, U.I.$_t$ étant la quantité d'iode N/100 libérée par le système témoin sans catalyseur.

Ce procédé nous a permis de déterminer les U. I. dans différents systèmes en faisant varier le catalyseur et le peroxyde :

	U. I.	P. Z. (1).	C. A.
1° 6^{mg} Hb			
avec H^2O^2	12	0,5 à 1	77
C^2H^5OOH	24	0,5 à 1	545
2° Peroxydase du lait			
avec H^2O^2	24	24	163
C^2H^5OOH	1,3	2	45
3° Peroxydase du plasma oxalaté			
avec H^2O^2	1,3	0	10,5
C^2H^5OOH	3	0	68

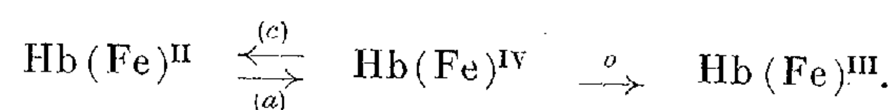
Ces chiffres mettent en évidence la spécificité des systèmes peroxydasiques de l'hémoglogine vis-à-vis des hydroperoxydes d'alcoyles ROOH et la spécificité de la peroxydase du lait vis-à-vis de H^2O^2. Cette dernière rentre donc dans le sous-groupe des hydroperoxydases, tandis que le système peroxydasique de Hb rentre dans le groupe des hydroalcoyloperoxydases ainsi que la peroxydase du plasma.

(1) Les P. Z. (Purpurogallin-Zahl) sont déterminés selon la méthode de Willstätter et Stoll.

D'autre part le système Hb-peroxyde oxyde l'acide ascorbique rapidement, alors que l'oxydation de cette substance par les peroxydases est très lente.

Le mécanisme de l'action peroxydasique de l'hémoglobine a été élucidé par une étude spectrographique et colorimétrique.

Par action des peroxydes sur Hb on obtient un dérivé d'oxydation de coloration rouge violacé différant du composé initial par deux équivalents d'oxydation suivant la réaction *a*. Il est très instable dans la zone du pH optimum du système peroxydasique et se transforme très rapidement en l'absence du substrat en méthomoglobine (réaction *b*). Au contraire, en présence d'une substance réductrice, l'équation est réversible (réaction *a* + *c*). Cet équilibre est caractéristique du système peroxydasique en activité.



$$\mathrm{Hb(Fe)^{II}} \underset{(a)}{\overset{(c)}{\rightleftarrows}} \mathrm{Hb(Fe)^{IV}} \xrightarrow{b} \mathrm{Hb(Fe)^{III}}.$$

Cette étude permet de différencier l'action peroxydasique de l'hémoglobine de celle des peroxydases, mettant en évidence la spécificité des systèmes peroxydasiques vis-à-vis du peroxyde et du substrat. Elle nous a permis de scinder le groupe des peroxydases en deux sous-groupes : celui des hydroperoxydases et celui des hydroalcoyloperoxydases.

Le mécanisme peroxydasique de l'hémoglobine est expliqué par l'existence d'un dérivé d'oxydation supérieur de Hb qui, dans le système en activité, se trouve en équilibre avec sa forme réduite. Enfin cette étude a permis de reclasser l'hémoglobine dans le groupe des catalyseurs peroxydasiques biologiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de quelques charbons sur la fermentation alcoolique*. Note de Mme **Yvonne Jérome-Lévy**, présentée par M. Maurice Javillier.

Si, dans un milieu sucré ensemencé avec de la levure, on introduit du charbon pulvérisé, on constate une accélération du dégagement du gaz carbonique et une plus grande multiplication des cellules de levure. Dès 1913 Söhngen (1) établissait ces faits et, depuis, Abderhalden (2) et ses

(1) *Folia microbiologica*, 2, 1913, p. 94; *Ann. Brass. Dist.*, 17, 1914-1919, p. 252.

(2) *Fermentforschung*, 5, 1921-1922, p. 89, 110, 255; 6, 1922, p. 137, 143, 162, 345.

collaborateurs les ont étendus en démontrant qu'en présence de noir animal, il y a modification du caractère de la fermentation; il se fait une production anormale d'aldéhyde acétique, qui, en présence de fortes quantités de charbon, est adsorbé en grande partie, et une augmentation de la quantité de glycérine. Reinhard et Obrastzova ([3]) n'ont confirmé la notion d'accélération du dégagement de CO^2 que pour des températures de 20 à 30°; ils notent une plus grande multiplication des cellules de levure et une augmentation de la quantité d'alcool du milieu.

A l'occasion d'un travail d'ensemble sur l'action de quelques charbons sur les phénomènes de la vie ([4]), j'ai étudié l'influence de ces charbons sur la fermentation alcoolique, sans connaître d'ailleurs les travaux cités plus haut.

J'ai d'abord constaté l'activation du dégagement de CO^2, lorsque du charbon activé ou non activé, à la dose de 1 pour 100, est introduit dans le milieu en fermentation (solution de saccharose à 10 pour 100, ensemencée avec 0,6 à 2,5 pour 100 de levure pressée et maintenue à 30° environ). Au bout de 3 heures, l'augmentation du CO^2 va de 15 à 40 pour 100.

Dans les expériences suivantes, j'ai recherché comment la levure utilise le sucre lorsqu'elle se trouve en présence de charbon, et en même temps que le sucre utilisé, j'ai dosé l'alcool formé ([5]).

La fermentation est faite dans des flacons de 150^{cm^3} à large goulot, maintenus pendant 4 à 6 heures à 30-33°. Dans chaque flacon, on introduit 100^{cm^3} de solution sucrée à 10 pour 100, le charbon et la levure pressée en quantités convenables. Les flacons témoins, préparés de la même façon, ne contiennent pas de charbon. La fermentation terminée, le liquide, légèrement alcalinisé à la soude, est centrifugé puis conservé à la glacière. Les dosages de sucre se font par la méthode de G. Bertrand, ceux d'alcool par la méthode Martin et Boidin ([6]).

Les charbons purifiés, utilisés à la dose de 1 pour 100, sont un charbon activé provenant de naphtaline, un charbon de noix de coco activé et le même sans activation, et, comme charbon pratiquement privé de matières minérales (0,2 pour 100), le noir d'acétylène.

([3]) *Boll. Soc. intern. Microbiol., Sez. Ital.*, 7, 1935, p. 331-335.

([4]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1469; 206, 1938, p. 1051.

([5]) En fait les substances volatiles passant à la distillation et oxydables par l'acide chromique.

([6]) *Ann. Brass. Dist.*, 23, 1924-1925, p. 1925.

Les premières recherches ayant montré que l'influence du charbon varie avec la quantité de levure utilisée, j'ai étudié la fermentation en fonction de la quantité de levure. Les quantités de levure employées ont été : $0^g,5$, 2^g, 4^g et 6^g pour 100^{cm^3} de liquide. Des expériences effectuées, je déduis les conclusions suivantes :

1° Des charbons introduits à la dose de 1 pour 100 dans une fermentation alcoolique modifient la consommation du sucre ainsi que la quantité d'alcool formé.

2° A un moment donné de la fermentation, cette influence dépend de la quantité de levure utilisée pour l'ensemencement. Pour de faibles quantités de levure, on a constaté une augmentation de la consommation du sucre allant jusqu'à 90 pour 100.

3° Des charbons de nature et propriétés différentes exercent une action différente. Les charbons activés modifient la fermentation d'une manière plus intense que les charbons non activés. En général la quantité d'alcool formé ne correspond pas à celle du sucre consommé. Seul le noir d'acétylène a augmenté la production d'alcool parallèlement à la consommation du sucre.

4° En augmentant la quantité de charbon, soit en passant de 1 à 3 ou 4 pour 100, les résultats ont été plus accentués.

5° Le rapport alcool formé/sucre consommé, qui augmente à mesure que la quantité de levure passe de $0^g,5$ à 4^g ou 5^g pour 100, s'accroît aussi d'une façon régulière en présence de charbon; mais dans ce cas la valeur de ce rapport reste inférieure à la valeur du rapport dans la fermentation témoin. Les charbons activés sont ceux qui diminuent le plus ce rapport. Par contre, en présence de noir d'acétylène le rapport alcool formé/sucre consommé se maintient à une valeur comparable à celle du témoin, quelle que soit la quantité de levure introduite.

MICROBIOLOGIE. — *Le rôle d'une membrane microbienne dans l'efficacité des peintures destinées à protéger les carènes de bateaux contre les organismes encrassants.* Note de MM. **René Herpin** et **René Duliscouet**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'un de nous a donné les premiers résultats obtenus concernant la nature et le rôle des organismes déterminant la salissure des coques de bateaux, ainsi que les époques de leur fixation (¹).

(¹) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1004 et 1142.

Ces premières recherches avaient été faites en immergeant des cadres contenant des lames de verre à préparations microscopiques.

Poursuivant ces études, de nouveaux cadres furent immergés, contenant, alternant avec des lames de verre, des plaques métalliques peintes avec les peintures réglementaires en usage dans la Marine. Le but était d'étudier le degré et la durée de ces peintures.

Les lames de verre s'encrassèrent rapidement, malgré le voisinage de peintures à forte toxicité, alors que les plaques peintes restèrent, pendant trois mois environ, indemnes de tout organisme visible à l'œil nu ou à la loupe.

Et cependant les organismes fixés sur le verre (Ascidies, Hydraires), venant à s'accroître, ne tardèrent pas à venir au contact des plaques peintes distantes de 7^{mm} seulement et ne parurent pas en souffrir.

L'efficacité indéniable, mais limitée dans le temps, des peintures toxiques devait donc tenir à d'autres causes qu'à leur toxicité.

Or, sur les plaques peintes et au bout de quelques semaines, il se développe un voile gluant, d'abord mince, puis s'épaississant au point de devenir une véritable membrane susceptible de se déchirer.

Cette membrane se développe inégalement sur diverses peintures toxiques ou non toxiques. Des observations faites sur des plaques beaucoup plus étendues montrent que là où ce voile existe, il n'y a pas d'encrassement, et que des organismes se fixent lorsqu'il n'existe pas encore ou lorsqu'il est disparu.

Une large plaque ayant été peinte en trois bandes avec deux peintures différentes, que nous désignerons conventionnellement par A et B, la bande médiane (A) s'est recouverte d'un voile épais et est restée complètement exempte de balanes, alors que les bandes latérales (B) dépourvues de membranes étaient complètement couvertes de ces Cirripèdes, *sauf sur une zone étroite, large de quelques centimètres seulement et située en bordure de la bande médiane.*

Dans cette zone, où la membrane de A avait débordé sur B en s'atténuant progressivement, les balanes se sont fixées plus tardivement et contrastent par leur petite taille avec celles couvrant le reste des bandes latérales. Ces deux peintures, de composition différente, étaient l'une et l'autre toxiques.

Signalons enfin que les peintures sur lesquelles il ne se développe aucun voile (B, coaltar) ont une bonne tenue vis-à-vis de la corrosion.

Ce voile paraissant d'origine microbienne, nous nous sommes associés

entre zoologiste et bactériologiste pour étudier sa nature, son rôle et les conditions de son établissement.

Nature du voile. — Nous en avons suspecté la nature microbienne en procédant à son examen microscopique.

Ce voile, qui se présente sous l'aspect d'une membrane gélatineuse, renferme des boues dans lesquelles vivent quelques Infusoires et Flagellés ainsi que des Bactéries, qui, morphologiquement, appartiennent à deux groupes. On y trouve en effet des bacilles longs, mobiles, gram positif, en très grand nombre et des bactéries présentant soit l'aspect coccobacillaire à gram positif, soit celui de bacilles trapus, sporulés.

L'isolement par cultures sur divers milieux nous a permis d'identifier ces germes qui sont, le premier, le *Bacillus subtilis*, flore habituelle des eaux polluées; le deuxième, des bacilles strictement anaérobies sporulés, produisant des dégagements gazeux à odeur putride, qui bactériologiquement peuvent être rangés dans la classe du *Bacillus sporogenes*, microbe faisant fréquemment partie de la flore intestinale.

Le rôle *antifouling* de cette membrane microbienne peut s'expliquer dans une certaine mesure par le fait qu'elle constitue un substratum peu consistant, assez peu favorable à la fixation des larves. Cependant nous avons parfois observé, quoique assez rarement, la fixation de très jeunes balanes sur ces voiles microbiens. D'autre part le *Bacillus subtilis*, étant extrêmement avide d'oxygène, crée dans son voisinage un milieu particulièrement défavorable au développement de tout organisme aérobie.

Enfin, si, malgré la pauvreté du milieu en oxygène, de jeunes balanes avaient pu se fixer et continuer leur développement, le peu de consistance de la membrane, la facilité avec laquelle elle se déchire, pourraient amener leur chute avant l'instant où les sécrétions calcaires de l'animal traversant le voile microbien arrivent au contact de la peinture et y adhèrent fortement.

A 15h20m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15h30m.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 13 juin 1938.)

Note de M. *Jacques de Lassus Saint-Genies*, Sur les conditions de la projection correcte des films gaufrés :

Page 1805, aux 7ᵉ, 6ᵉ et 5ᵉ lignes du bas de la page, *au lieu de* Dans l'intervalle de ces deux pinceaux, elle est visiblement fonction linéaire de la tangente du demi-angle d'incidence, *lire* Dans l'intervalle .... du demi-angle d'incidence plus ou moins l'angle *i*.

(Séance du 20 juin 1938.)

Note de M. *André Raskin*, Sur la réalisation d'un générateur à haute tension et à grand débit :

Page 1885, lignes 4 et 5, *au lieu de* 250 mA et 500 mA, *lire* 250 microampères et 500 microampères.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 JUILLET 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 7 juillet 1938, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Tullio Levi-Civita** pour occuper la place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *George Ellery Hale.*

Il est donné lecture de ce décret.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur le pari mutuel.* Note de M. **Émile Borel.**

Le jeu dit *pari mutuel* pose des problèmes intéressants de probabilités.

1. Étudions d'abord le cas simple où ce jeu serait pratiqué à propos d'événements aléatoires dont les probabilités sont bien connues. Tel est le cas pour les probabilités d'amener un point déterminé avec 2 dés.

Proposons à une centaine de parieurs le jeu suivant; chacun mise une certaine somme sur l'un des points 2, 3, ..., 11, 12, son enjeu et son choix restant secrets pour les autres joueurs. On jette les dés, et s'ils marquent 8, les joueurs qui ont misé sur 8 se partagent les enjeux, proportionnellement à leurs mises. Si aucun des joueurs n'avait misé 8, le coup serait nul et l'on jetterait à nouveau les dés.

Ce jeu serait équitable, si le total des mises sur chaque point était proportionnel à la probabilité d'amener ce point; mais on n'aperçoit aucune raison *a priori* pour que cette condition se réalise d'elle-même. Si le jeu se

répète un grand nombre de fois entre les mêmes joueurs, ceux-ci peuvent être tentés d'essayer de mettre à profit les résultats constatés pour varier leurs paris; mais on aperçoit immédiatement que, si beaucoup d'entre eux se laissent influencer de la même manière par ces résultats, le jeu deviendra, au contraire, avantageux pour les autres parieurs qui auront misé en sens inverse.

Pour que le jeu soit en moyenne équitable, il faudrait que chaque joueur, ayant fixé d'avance sa mise, parie sur chacun des points avec une probabilité égale à la probabilité de ce point; il peut, par exemple, jeter deux dés et parier pour le total qu'il obtient. Une autre méthode consisterait à tirer au sort, avec des probabilités égales, les points de 2 à 12, et à proportionner ensuite la mise à la probabilité du point sur lequel on doit miser. Si un certain nombre de joueurs G adoptent ces méthodes, tandis que les autres joueurs G′ ne les adoptent pas, les joueurs G gagneront à la longue les joueurs G′.

2. Supposons maintenant que, dans le jeu précédent, un des joueurs J soit autorisé à miser le dernier, après avoir eu connaissance des paris des autres joueurs. Un calcul élémentaire permet de déterminer comment il doit parier pour avoir l'espérance mathématique maximum.

Un cas intéressant est celui où J a déjà misé dans des conditions qui lui donnent une espérance mathématique positive; il peut alors arriver qu'en augmentant sa mise sur le même point, il diminue son espérance mathématique, tandis qu'un nouveau joueur J′, n'ayant pas encore misé, obtiendrait une espérance mathématique positive en misant sur le même point une somme convenable. La règle qui détermine la mise la plus favorable pour J peut être énoncée très simplement; soit a le total des mises des autres joueurs sur un certain point α, et A le total des mises sur α qui rend le jeu équitable, pour les joueurs qui misent sur α, les autres mises n'étant pas modifiées; J doit miser $x - a$, de manière que la mise totale x sur α soit la moyenne géométrique de a et de A.

Si un grand nombre de joueurs sont successivement autorisés à miser, chacun d'eux connaissant les mises précédentes, et s'ils suivent cette règle, le jeu deviendra asymptotiquement équitable.

3. Abordons maintenant le cas véritablement intéressant, celui où les parieurs ont des opinions différentes sur les probabilités des événements aléatoires sur lesquels ils parient; c'est le cas, notamment, de toutes les compétitions sportives. Je me contenterai de donner un exemple particulièrement simple, où les paris ne portent que sur deux événements seuls possibles.

Admettons que deux parieurs P et P′ aient misé chacun une même somme a sur un événement A, auquel ils attribuent l'un et l'autre la probabilité p, tandis que deux autres parieurs Q et Q′ ont misé chacun une même somme b sur l'événement contraire B, auquel ils attribuent tous deux la probabilité q, supérieure à $1-p$. Si l'on a

$$(1) \qquad p \leqq \frac{2a}{b+2a}, \qquad q \leqq \frac{2b}{a+2b},$$

aucun des quatre joueurs n'a intérêt à augmenter sa mise, s'il a confiance dans son évaluation personnelle de la probabilité. Examinons le cas particulier où l'on a

$$p = \frac{2a}{b+2a}, \qquad q = \frac{2b}{a+2b}.$$

L'espérance mathématique de chacun des joueurs P et P′, *à leur point de vue*, est $ab/(b+2a)$, tandis que l'espérance mathématique des joueurs Q et Q′, *à leur point de vue*, est $ab/(a+2b)$.

Si l'on désigne par x la *véritable* probabilité de l'événement A, l'espérance mathématique de P et P′ est

$$E = bx - a(1-x),$$

tandis que l'espérance mathématique de Q et de Q′ est $-E$. On peut remarquer que la probabilité de A est, pour P et P′, égale à p, tandis que pour Q et Q′, elle est égale à $1-q$. La valeur x qui annule E est intermédiaire entre p et $1-q$; on a

$$p = \frac{2a}{b+2a}, \qquad x = \frac{a}{a+b}, \qquad 1-q = \frac{a}{a+2b}.$$

La fraction égale à x s'obtient en divisant la somme des numérateurs des fractions p et $1-q$ par la somme de leurs dénominateurs.

On voit par quel mécanisme peut s'établir, dans certains cas, un équilibre des paris lorsque les parieurs ont des opinions différentes sur les probabilités. Observons cependant que lorsqu'on donne p et q satisfaisant à la seule condition $p+q>1$, il n'est pas toujours possible de déterminer a et b de manière à satisfaire aux inégalités (1); il faudrait alors compliquer nos hypothèses pour que l'équilibre puisse s'établir.

4. Certains phénomènes économiques ont ceci de commun avec le jeu du pari mutuel que celui qui veut s'assurer un avantage, d'après ses évaluations personnelles des probabilités, ne peut y parvenir qu'en diminuant

les espérances mathématiques de ceux qui spéculent dans le même sens que lui. L'étude de ces phénomènes serait facilitée par l'étude préalable de problèmes simples de pari mutuel, généralisant ceux que nous avons indiqués à titre d'exemple.

5. Les considérations précédentes supposent que l'on admet la notion de la probabilité d'un cas isolé. Cette notion est contestée par certains auteurs; je la considère, pour ma part, comme une des notions essentielles de la théorie des probabilités.

GÉOLOGIE. — *Existence d'un sable calcaire grossier à la base de la craie phosphatée sénonienne de la Picardie.* Note de M. **Lucien Cayeux.**

Lorsque l'exploitation des craies phosphatées de la Somme était en pleine activité, j'ai observé, à la base de la craie phosphatée à *Belemnitella quadrata*, près de l'ancienne église de Beauval, un accident lithologique très instructif, dont l'existence est restée inconnue jusqu'à présent. Il consistait en un dépôt lenticulaire, mesurant seulement quelques mètres de longueur, et tout au plus 25^{cm} d'épaisseur, composé d'un sable calcaire très grossier, partiellement agglutiné en un produit présentant de grandes analogies d'aspect avec certains de nos calcaires, dits pisolithiques, d'âge montien. Le sable en question renferme, en quantité, des dents de *Squales* et quelques coquilles entières ou fragmentaires se rapportant à des *Pectens* etc. Sur ses cassures miroitantes, la roche cohérente trahit la présence d'une foule de restes d'*Échinodermes*. Bref, il s'agit d'un dépôt de nature très aberrante, eu égard à son intercalation entre la craie blanche à *Micraster cor anguinum*, que l'on sait très fine et pure, et la craie phosphatée à *Belemnitella quadrata*.

Au microscope, le dépôt est à base de restes d'*Échinodermes*, tellement répandus qu'ils se touchent très souvent. Tout ce qu'on peut dire quant à leur attribution, c'est qu'il y a parmi eux de nombreuses plaques d'*Oursins* et des piquants très clairsemés, témoignant par la variété de leurs sections de l'existence d'une série de genres distincts. Je crois pouvoir être affirmatif en ce qui touche la présence d'*Ophiures*. Celle des *Crinoïdes* est certaine, mais le nombre d'articles à leur rapporter est infime. Il s'y ajoute de loin en loin un fragment de *Brachiopode*, un tronçon de prisme d'*Inocérame*, un débris de *Bryozoaire*, un *Foraminifère*, un spicule de *Calcisponge* etc.

La plupart des restes d'*Échinodermes* sont brisés. Eux seuls, mais en

nombre limité, ont fixé du phosphate de chaux. Tantôt, et le plus souvent, il y a remplissage des mailles du réseau cellulaire par du phosphate amorphe, tantôt, la phosphatisation est réservée au réseau même. Dans tous les cas où elle intervient, la microstructure des débris est remarquablement conservée. En son absence, elle s'atténue peu à peu dans beaucoup d'individus et finit par disparaître, en laissant comme témoins des impuretés, ordonnées ou non, de manière à dessiner vaguement une partie du réseau. Mais nombreux sont les individus qui n'ont pas gardé le plus petit vestige de celui-ci. Lorsqu'il en est ainsi, leur morphologie et leurs propriétés entre les nicols croisés permettent encore de les identifier. Quel que soit l'état de conservation des matériaux, l'unité d'orientation de chaque élément est la règle.

Le phosphate de chaux se retrouve également dans des morceaux de craie à *M. c. anguinum* en voie d'épigénie, et dans des grains arrondis qu'il constitue en entier. Au total, son rôle est relégué à l'arrière-plan.

Quand les matériaux sont convertis en une roche plus ou moins solide, deux sortes de ciment interviennent. Lors du maximum de cohérence, ils sont maintenus en place par de la calcite très pure, toujours orientée sur les éléments voisins, le résultat étant une roche très largement cristallisée. La physionomie qui en résulte rappelle tout à fait celle des calcaires à entroques, dont les articles sont bien conservés. La seconde variété est constituée par une craie typique, de grande finesse, très pauvre en débris organiques, et renfermant de rares *Foraminifères*, à coquille très délicate. Il y a, de ce chef, un contraste extrêmement frappant entre les matériaux grossiers qui forment le fond du dépôt et la vase crayeuse très fine qui les agglutine.

L'absence de minéraux détritiques est non moins singulière que l'intervention de cette gangue.

Un pareil sédiment est, sans nul doute possible, un dépôt de très faible profondeur, conclusion qui s'étend forcément à la craie typique qui en fait partie intégrante. Son étude, en même temps qu'elle démontre, une fois de plus, que le Bassin de Paris, à l'époque de la craie, réalisait des conditions bathymétriques radicalement différentes de celles qui président de nos jours au dépôt des vases à Globigérines (¹), contribue à nous éclairer à souhait sur l'ampleur de la rupture d'équilibre qui inaugure la formation phosphatée.

(¹) L. Cayeux, *Mém. Soc. Géol. Nord*, 4, 2e série, 1897, p. 490-521.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur la nature minéralogique des hydroxydes d'aluminium dans les bauxites de l'Afrique occidentale française.* Note [1] de MM. **Jacques de Lapparent** et **Raymond Hocart.**

Les formations latéritiques de l'Afrique occidentale française comprennent des roches que leur richesse en hydroxyde d'aluminium non chimiquement uni à la silice permet de nommer *bauxites.*

Elles ont été décrites en Guinée par M. A. Lacroix qui, dans un ouvrage classique [2], a montré que la forme cristalline sous laquelle est individualisé l'hydroxyde d'aluminium est le minéral indifféremment nommé *hydrargillite* ou *gibbsite* et qui répond à la formule $Al(OH)^3$.

Que l'on ait affaire à des bauxites issues de syénites néphéliniques, de roches doléritiques ou des formations schisto-gréseuses du paléozoïque, c'est toujours sous la forme gibbsite que l'on peut directement observer l'hydroxyde d'aluminium. Cependant des analyses chimiques de certaines des bauxites élaborées aux dépens des formations schisto-gréseuses laissaient à penser que, compte tenu des oxydes ferriques et des silicates, la quantité d'eau fournie est insuffisante pour permettre d'imaginer que toute l'alumine libre y puisse être à l'état de gibbsite.

Un voyage accompli récemment au Soudan par l'un de nous lui a permis d'étudier avec soin les bauxites de la haute surface d'érosion de Koulouba qui domine le Niger à Bamako et celles de la basse surface située en aval, dans l'ancien delta d'épandage, à Segou-Markala. Des types de bauxites ont pu être recueillis réalisant une structure telle que des amas de pisolites peu ou pas ferriques soient associés à des plaquettes, vestiges de la roche schisto-gréseuse primitive.

Les pisolites sont formés d'une substance d'apparence homogène au microscope; ils sont massifs ou quelque peu zonaires, offrant grande ressemblance avec les pisolites ou perles des calcaires lacustres [3]. Certains d'entre eux sont légèrement fendillés. Ils baignent dans un amas de cristaux de gibbsite, et leurs fentes sont tapissées de menus cristaux de ce minéral.

Ayant isolé les plus massifs de ces pisolites, nous les avons soumis à

---

[1] Séance du 4 juillet 1938.

[2] *Nouvelles Archives du Muséum d'Hist. Nat.*, 5e série, 5, 1913, p. 255.

[3] *Bull. du Serv. de la Carte géol. d'Alsace et de Lorraine*, 2, 1935, p. 99.

l'action des rayons X en vue de la réalisation d'un radiogramme par le procédé Debye-Scherrer. Les clichés obtenus nous ont révélé les lignes dominantes de la bœhmite, Al.O.OH; les lignes de la gibbsite n'apparaissant qu'avec une très faible intensité. Les mêmes pisolites attaqués à l'acide chlorhydrique étendu afin de faire disparaître les traces de fer nous ont fourni des résultats identiques : toujours la bœhmite y domine.

Il faut donc tenir la bœhmite pour l'un des constituants essentiels de ces bauxites africaines; mais elle y est localisée dans les pisolites, et les plaquettes qui représentent des fragments anciens de roches schisto-gréseuses ne contiennent que de la gibbsite.

L'étude pétrographique des bauxites en question montre très nettement que la cristallisation de la gibbsite correspond à un stade postérieur à celui de l'individualisation des pisolites. La cristallisation submicroscopique de la bœhmite fut donc le phénomène initial qui tendait à faire des bauxites à partir des roches originelles.

Ce fait vient en confirmation des raisons de l'individualisation des divers hydroxydes d'aluminium dans les bauxites, exposées par l'un de nous ([4]).

C'est *au niveau des eaux* que se produit la bœhmite, c'est *au-dessus de celui-ci* que se produit la gibbsite. Tendant d'abord à se constituer en bauxites à bœhmite, les bauxites africaines sont devenues des bauxites à gibbsite, cependant que baissait le niveau de base des cours d'eau. Les bauxites à diaspore, $(H^2O^4)Al^2$, n'ont pris naissance que *dans des terrains en subsidence;* elles manquent nécessairement dans les régions africaines envisagées.

La même règle paraît s'appliquer aux bauxites de l'Inde péninsulaire dans le Decan. Ces bauxites, formées aux dépens de laves basaltiques, ne montrent au microscope, en fait d'hydroxyde d'aluminium, que la gibbsite; mais des pisolites traités aux rayons X nous ont révélé la présence d'une faible quantité de bœhmite. Dans le cas de l'Inde cette espèce ne put profiter que d'un temps relativement court propice à son individualisation et que les phénomènes érosifs interrompirent rapidement. Seule la gibbsite put alors se former. Les bauxites à diaspore des Indes élaborées à partir de sédiments sont situées dans la région du Cachemir (Jammu). Elles ont une tout autre histoire que celles des plateaux du Decan, ayant été violemment plissées après avoir été comprises dans des terrains en subsidence.

([4]) *Congrès international des Mines, de la Métall. et de la Géol. appl.*, Paris, **1**, 1935, p. 375.

M. E. Roubaud fait hommage à l'Académie d'un extrait du *Bulletin de la Société de Pathologie exotique* contenant les trois Notes suivantes :

Recherches expérimentales sur un trypanosome des ruminants de la Martinique par F. Mesnil†, Ch. Pérard et A. Provost.

Note sur Trypanosoma Viennei *Lavier* 1921 = Tr. Guyanense *Leger et Vienne* 1919 par J. Colas-Belcour;

Le trypanosome des Antilles, Trypanosoma Viennei *a-t-il perdu l'aptitude à évoluer chez les Glossines?* par E. Roubaud, J. Colas-Belcour et H. Gaschen.

M. J. Perrin fait hommage à l'Académie du premier fascicule des *Annales d'Astrophysique* publiées par le *Service de Recherche d'Astrophysique* de la Caisse nationale de la Recherche scientifique.

Ce fascicule contient le Compte rendu de la *Première Conférence internationale d'Astrophysique : l'absorption de la lumière dans l'espace interstellaire*.

M. J. Sabrazès fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé *Les Tumeurs des articulations des gaines tendineuses et des bourses séreuses*, qu'il a écrit avec M. R. de Grailly, en collaboration avec MM. J. Montpellier et H. Doubouchér.

NOMINATIONS.

M. L. Lapicque est désigné pour représenter l'Académie à la Deuxième Session du *Congrès international des Sciences Anthropologiques et Ethnologiques*, à Copenhague, du 1er au 6 août 1938.

L'Académie désigne MM. C. Gutton, J. Bion, H. Chireix, R. Bureau, B. Decaux, R. Jouaust, J. Maire, E. Picault pour représenter la France à l'Assemblée générale de l'*Union radioscientifique internationale*, à Venise, du 5 au 15 septembre 1938.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Guyton Morveau. *Chimiste et Conventionnel* (1737-1816) par Georges Bouchard.

2° Muséum national d'Histoire naturelle. *Mission scientifique de l'Omo* 1932-1933. Tome I, *Géologie-Anthropologie*, publié sous la direction du C. Arambourg, fascicule I.

3° *Rapport sur les dosages et essais effectués sur l'eau de Bischwiller* (*Bas-Rhin*) par G. Hirtz et R. Pioger (présenté par M. L. Cayeux).

4° *La Parthénogenèse des Vertébrés* par Jean Rostand (présenté par M. M. Caullery).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les suites de polynomes dont les zéros ont une distribution régulière*. Note de M. **Hubert Delange**, présentée par M. Paul Montel.

Soient la suite $P_1(z), P_2(z), \ldots, P_n(z), \ldots$, où $P_n(z)$ est un polynome de degré n, le coefficient de z^n étant A_n; E, le dérivé de l'ensemble des zéros des polynomes de la suite et $\psi_n(e)$, la fonction d'ensemble égale au quotient par n du nombre de zéros de $P_n(z)$ appartenant à e. Nous dirons que la distribution des zéros des polynomes de la suite est *régulière* si la suite $\psi_n(e)$ est convergente. Cette distribution sera caractérisée par la fonction $\psi(e)$, limite de $\psi_n(e)$.

I. *Si* $A_n \neq 0$, *si* E *est borné et si les zéros des* $P_n(z)$ *ont une distribution régulière*

1° *à l'extérieur de* E, *l'expression* $\frac{1}{n}\log\left|\frac{P_n(z)}{A_n}\right|$ *converge vers* $\int_E \log r\, d\psi(e)$, *r désignant la distance du point z à un point variable de* E, *la convergence est uniforme sur tout domaine disjoint de* E.

2° *Sur* E *on a* $\overline{\lim}\ 1/n \log|P_n(z)/A_n| \leq \int_E \log r\, d\psi(e)$.

Quelle que soit la suite d'entiers croissants $n_1, n_2, \ldots, n_k, \ldots$, *l'ensemble*

des points de E *où l'on a* $\overline{\lim}\, 1/n_k \log|P_{n_k}(z)/A_{n_k}| < \int_E \log r\, d\psi(e)$ *est rencontré par toute courbe à tangente continue au plus suivant un ensemble de mesure linéaire nulle.* Il est donc de mesure superficielle nulle.

On ne peut améliorer l'énoncé de 2° en considérant une limite unique pour $1/n \log|P_n(z)/A_n|$ ou en réduisant l'ensemble exceptionnel à un ensemble dénombrable.

II. *Si* $A_n \neq 0$, *si* E *est borné, et s'il existe une fonction* $U(z)$ *telle que, quelle que soit la suite d'entiers croissants* $n_1, n_2, \ldots, n_k, \ldots$, *on ait presque partout*

$$\overline{\lim} \frac{1}{n_k} \log|P_{n_k}(z)| = U(z),$$

la suite $\sqrt[n]{|A_n|}$ *a une limite et les zéros des* $P_n(z)$ *ont une distribution régulière.* La fonction $\psi(e)$ est complètement déterminée, lorsque l'on connaît $U(z)$ à une constante additive près, par la condition que l'on ait presque partout $\int \log r\, d\psi(e) = U(z) + \text{const.}$

La démonstration repose sur le théorème suivant de la théorie du potentiel : *Si deux fonctions potentielles* $U_1(z)$ *et* $U_2(z)$ *satisfont presque partout, sur un ensemble ouvert* O, *à l'égalité* $U_1(z) - U_2(z) = H(z)$, $H(z)$ *étant une fonction harmonique sur* O, *les fonctions de masses sont égales sur tout ensemble intérieur à* O.

III. Dans le cas particulier où, avec $A_n \neq 0$, E est borné et de *mesure nulle, la condition nécessaire et suffisante pour que* $1/n \log|P_n(z)|$, *ou* $\sqrt[n]{|P_n(z)|}$, *converge à l'extérieur de* E *est que* $\sqrt[n]{|A_n|}$ *ait une limite et que la distribution des zéros des* $P_n(z)$ *soit régulière* ([1]). La fonction $\psi(e)$ est déterminée, par la connaissance, à une constante additive près, de la fonction $\lim 1/n \log|P_n(z)|$; si, de plus, $\lim 1/n \log|P_n(z)|$ n'est constante dans aucune région, les polynomes dérivés $P'_n(z)$ ont la même distribution de zéros.

IV. Si E, borné ou non, est extérieur à un cercle de centre z_0, on a les mêmes énoncés en remplaçant A_n par $P_n(z_0)$ et $\log r$ par $\log r/r_0$, r_0 désignant la distance de z_0 à un point de E. Il n'est plus nécessaire de supposer $A_n \neq 0$.

V. *Applications.* — 1° Si E est borné et si les zéros des $P_n(z)$ ont

---

([1]) Ceci contient le résultat énoncé dans une Note précédente (*Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 641) pour le cas où tous les zéros sont sur un segment de droite.

une distribution régulière, la série $\Sigma a_n P_n(z)$ est convergente aux points où $\int_E \log r\, d\psi(e) + \overline{\lim} \log \sqrt[n]{|a_n A_n|} < 0$ et divergente aux points où l'on a l'inégalité contraire, sauf peut-être ceux d'un ensemble contenu dans E et dont l'intersection avec toute courbe à tangente continue est de mesure linéaire nulle.

Si $\int_E \log r\, d\psi(e)$ est une fonction continue de z, la convergence est uniforme sur l'ensemble des points où

$$\int_E \log r\, d\psi(e) + \overline{\lim} \log \sqrt[n]{|a_n A_n|} < -\eta \qquad (\eta > 0).$$

Si la distribution des zéros de $P_n(z)$ est régulière sans que E soit borné, il faut modifier l'énoncé comme il est dit au paragraphe IV.

2° Les résultats précédents permettent de déduire l'étude de la distribution des zéros des polynomes d'une suite $P_n(z)$ de celle des limites de $\sqrt[n]{|P_n(z)|}$.

On peut retrouver ainsi le théorème de Carlson sur les zéros des polynomes-sections d'une série de Taylor ([2]), en appliquant le paragraphe IV avec $z_0 = 0$.

D'autre part des polynomes orthogonaux sur le segment $(-1, +1)$, par rapport à une fonction $p(x)$, ont leurs zéros réels et compris entre -1 et $+1$. De plus, si l'intégrale $\int_{-1}^{+1} \frac{\log p(x)\, dx}{\sqrt{1+x^2}}$, prise au sens de Lebesgue, existe, à l'extérieur du segment $(-1, +1)$, le rapport $P_{n+1}(z)/P_n(z)$ tend vers le zéro X de plus grand module de $X^2 - 2zX + 1$ ([3]), de sorte que $|P_{n+1}(z)||P_n(z)|$ et $\sqrt[n]{|P_n(z)|}$ tendent vers $|X|$.

On en déduit que le nombre des zéros de $P_n(z)$ compris entre x_1 et $x_2 (-1 \leqq x_1 < x_2 \leqq +1)$ est asymptotiquement égal à

$$\frac{n}{\pi}[\operatorname{Arc}\sin x_2 - \operatorname{Arc}\sin x_1],$$

d'où il résulte que le $p^{\text{ième}}$ zéro de $P_n(z)$ est égal à $-\cos p\pi/n + \varepsilon_{p,n}$, $\varepsilon_{p,n}$ tendant uniformément vers zéro avec $1/n$.

([2]) *Comptes rendus*, **178**, 1926, p. 1677.
([3]) G. Szégo, *Math. Annalen*, **82**, 1921, p. 188-212.

THÉORIE DES GROUPES CONTINUS. — *Sur la représentation canonique des substitutions isomorphiques d'un groupe semi-simple complexe de Lie.* Note de M. **Félix Gantmacher**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit $\mathfrak{r}$ un groupe infinitésimal semi-simple complexe de Lie [1]. Soit de même $\mathfrak{A}$ le groupe de toutes les substitutions isomorphiques de $\mathfrak{r}$. Ce groupe est en général mixte et comprend un nombre fini de familles distinctes $\mathfrak{A}_i (i = 0, 1, \ldots)$, où $\mathfrak{A}_0$ désigne le groupe adjoint continu de $\mathfrak{r}$. Désignons par n_i le nombre des racines de l'équation caractéristique de A égales à 1 et communes à tous les A de $\mathfrak{A}_i$ (n_0 étant le rang du groupe $\mathfrak{r}$). Nous dirons que $x \subset \mathfrak{r}$ est régulier, si l'équation de Killing correspondant à x a exactement n_0 racines nulles. Nous dirons de même que $A \subset \mathfrak{A}_i$ *est régulier si* A *a exactement* n_i *racines caractéristiques égales à* 1. Le groupe de toutes les substitutions isomorphiques de $\mathfrak{r}$ commutatives avec A se décompose en familles distinctes continues. Nous désignerons par $\mathfrak{M}_A$ celle de ces familles qui contient A.

Alors les propositions suivantes peuvent être énoncées :

I. *Si* A *est régulier,* $\mathfrak{M}_A$ *est un système abélien et toute substitution isomorphique de* $\mathfrak{M}_A$ *a des diviseurs élémentaires simples.*

II. *Si* $A, B \subset \mathfrak{A}_i$ *sont réguliers, il existe* $\mathfrak{U} \subset \mathfrak{A}_0$ *tel que* $\mathfrak{M}_B = \mathfrak{U}^{-1} \mathfrak{M}_A \mathfrak{U}$.

III. *Si* $C \subset \mathfrak{A}$ *a des diviseurs élémentaires simples pour la racine caractéristique égale à* 1, C *a tous ses diviseurs élémentaires simples et il existe un* A *régulier tel que* $C \subset \mathfrak{M}_A$.

Soit $\mathfrak{h}$ un sous-groupe abélien maximum en $\mathfrak{r}$ contenant un élément régulier. Alors les racines différentes de zéro de l'équation de Killing correspondant à un élément $h = \sum_{k=1}^{n_0} \lambda_k h_k$ de $\mathfrak{h}$ sont de la forme $\alpha = \sum_{k=1}^{n_0} \alpha^k \lambda_k$. On introduit dans $\mathfrak{h}$ une métrique positive à l'aide de la forme quadratique $Q(\lambda) = \Sigma \alpha^2$. Désignons par $\mathfrak{T}$ le groupe fini des rotations τ [2] en $\mathfrak{h}$ qui permutent les racines α; désignons de même par $\mathfrak{S}$ le sous-groupe, invariant en $\mathfrak{T}$, engendré par les symétries par rapport aux hyperplans $\alpha = 0$. Décomposons $\mathfrak{T}$ en systèmes contigus par rapport à

---

[1] Dans cette Note je me sers des notations de M. H. Weyl, *Mathem. Zeitschr.*, **23**, 1925, p. 271-309; **24**, 1926, p. 328-395.

[2] Nous faisons usage du mot rotation dans son sens le plus général (le déterminant de τ peut être égal à $+1$ ou à -1).

$\mathfrak{H} : \mathfrak{C} = \sum_{i=0,1,\ldots} \tau_i \mathfrak{H}$ $(\tau_0 = 1)$. Comme l'a montré M. E. Cartan [3], à chaque $\mathfrak{A}_i$ correspond un système défini de rotations $\tau_i\mathfrak{H}$; les substitutions isomorphiques de $\mathfrak{A}_i$ qui transforment $\mathfrak{h}$ en soi-même produisent dans $\mathfrak{h}$ les rotations de $\tau_i\mathfrak{H}$. La permutation des racines α réalisée par la rotation τ se décompose en cycles. Si la somme des racines est dans chaque cycle différente de zéro, j'appelle une telle rotation *rotation spécifique*. On peut démontrer :

IV. *Il existe dans chaque système* $\tau_i\mathfrak{H}$ *une rotation spécifique. Deux rotations spécifiques* τ et τ' *appartenant au même système* $\tau_i\mathfrak{H}$ *sont conjuguées par rapport à* $\mathfrak{H}$: $\tau' = \sigma^{-1}\tau\sigma$, $\sigma \subset \mathfrak{H}$.

Dans la suite, les τ_i de l'égalité $\mathfrak{C} = \sum_{i=0,1,\ldots} \tau_i\mathfrak{H}$ seront considérées comme des rotations spécifiques.

V. *Les substitutions isomorphiques de* $\mathfrak{A}_i$ *ont exactement* n_0 *racines caractéristiques stables qui coïncident avec des racines de* τ_i *correspondant.*

Il en résulte : $n_i < n_0$ pour $i \neq 0$. En s'appuyant sur les propositions I-V, on peut démontrer le théorème suivant :

THÉORÈME. — *Si au nombre caractéristique* 1 *de* $A \subset \mathfrak{A}_i$ *correspondent des diviseurs élémentaires simples, on a*

$$A = \mathfrak{U}^{-1}\mathfrak{Z}\mathfrak{U}, \tag{1}$$

où $\mathfrak{U} \subset \mathfrak{A}_0$ et où la substitution isomorphique *canonique* $\mathfrak{Z}$ est caractérisée par les propriétés suivantes :

1° $\mathfrak{Z}$ transforme $\mathfrak{h}$ en soi-même et coïncide avec τ_i dans $\mathfrak{h}$;

2° $$\mathfrak{Z}e_\alpha = \varepsilon_\alpha e^{\hat{\alpha}} e_{\alpha^*} \qquad [\varepsilon_\alpha = \pm 1, \quad \alpha^* = \tau_i(\alpha)];$$

h, e_α, e_β, ... forme une base canonique de r, $\hat{\alpha}$ désigne la valeur de α pour $\bar{h}$ tel que $\tau_i(\bar{h}) = \bar{h}$; les signes ε_α étant liés par les relations

$$\varepsilon_{\alpha+\beta} = \frac{\mathfrak{N}_{\alpha^*\beta^*}}{\mathfrak{N}_{\alpha\beta}} \varepsilon_\alpha \varepsilon_\beta, \qquad \varepsilon_\alpha \varepsilon_{-\alpha} = 1$$

[$\mathfrak{N}_{\alpha\beta}$ étant les constantes de structure dans les formules $(e_\alpha e_\beta) = \mathfrak{N}_{\alpha\beta} e_{\alpha+\beta}$].

Remarque. — Si $A \subset \mathfrak{A}_0$, on peut mettre (1) sous la forme

$$A = \mathfrak{U}^{-1} e^{H} \mathfrak{U}, \tag{2}$$

---

(3) *Bull. Sc. math.*, 2e série, **49**, 1925, p. 361-374.

où $Hx = [hx]$, $h \subset \mathfrak{h}$. Cette représentation, dans le cas particulier où A est régulier, a été déjà considérée par M. H. Weyl, mais sa démonstration manque de rigueur ([4]). Si l'on suppose que $A \subset \mathfrak{A}_0$ est régulier et est soumis à une autre restriction supplémentaire, à savoir que tous les nombres caractéristiques de A différents de 1 sont des racines simples de l'équation caractéristique, alors sous cette forme la représentation (2) est déjà contenue dans les considérations de M. E. Cartan ([5]).

Remarquons encore que le théorème établi ci-dessus peut être utilisé pour une démonstration algébrique simple de quelques résultats fondamentaux de la théorie des groupes semi-simples de Lie, à savoir le théorème qui sert de base à la méthode de M. E. Cartan de classification de groupes simples réels de Lie ([6]), et le théorème établissant une connexion entre la structure topologique d'un groupe semi-simple complexe de Lie et la structure de sa forme close ([7]). Ces résultats ont été obtenus par M. E. Cartan grâce à sa théorie des espaces riemanniens symétriques.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la convergence des séries trigonométriques.* Note de M. **Arnaud Denjoy**, transmise par M. Paul Montel.

Soit une suite d'entiers croissants n_k. n étant donné, soit r défini par $n_r \leq n < n_{r+1}$. Réservant à la topologie le mot de *densité*, nous appelons *fréquence supérieure*, *inférieure* ou *exacte* de la suite n_k *quand k croît*, la plus grande, la plus petite ou l'unique limite du rapport r/n quand n croît. Les expressions : la suite u_n tend vers u avec la fréquence supérieure α, inférieure β, exacte $\gamma = \alpha = \beta$, se définissent immédiatement par la considération des suites n vérifiant $|u_n - u| < \varepsilon$, ε étant positif. Si cette suite a la fréquence limite 1 (inférieure et exacte) quelque soit ε, nous disons que u_n *tend approximativement vers* u.

Si la série à termes non négatifs Σu_n *est convergente, le produit* nu_n *tend approximativement vers zéro*. Sinon α, η positifs et une suite d'entiers N_p existeraient tels que la suite des n vérifiant $nu_n > \alpha$ aurait entre 1 et N_p

---

([4]) *Math. Zeitschr.*, 24, 1926, p. 379.
([5]) *Bull. Sc. math.*, 2e série, 48, 1925, p. 139-141 et p. 364.
([6]) *Journ. Math. pures et appl.*, 8, 1929, p. 27.
([7]) *Annali di Mat.*, 4e série, 4, 1926-1927, p. 250-251.

une fréquence supérieure à η. Dès lors, N étant donné quelconque, si $N_p > 2\eta^{-1}N$, $(N\Sigma N_p)u_n > \alpha\eta/2$. Il n'y a pas convergence.

Soit $u_0 + u_1 + \ldots + u_n = S_n$. Quand $S_n - \sigma$ tend vers zéro approximativement, nous disons que Σu_n *converge approximativement vers* σ. Soit

$$S_0 + S_1 + \ldots + S_{n-1} = nS_{1.n}, \qquad S_{1.n} = \sigma + r_{1.n} \qquad \text{ou} \qquad r_{1.m} = m^{-1}(0\Sigma\overline{m-1})(S_n - \sigma).$$

Si $r_{1.n}$ tend vers zéro, on dit que Σu_n converge en moyenne *simple* (de Cesaro) vers σ. Nous dirons que Σu_n converge en moyenne *absolue* vers σ si $m^{-1}(1\Sigma\overline{m-1})|S_n - \sigma|$ tend vers zéro quand m croît. Cette condition, savoir $(0\Sigma\overline{m-1})|S_n - \sigma| = o(m)$ avec la notation de Landau, équivaut à $(0\Sigma\overline{m-1})n^p|S_n - \sigma|$ ou $(m\Sigma\infty)n^p|S_n - \sigma| = o(m^{p+1})$, selon que $p > -1$ ou $p < -1$.

Une conséquence de la convergence en moyenne absolue est que la série Σu_n converge approximativement vers σ, sans réciprocité.

Considérons les séries

$$(1) \qquad a_0/2 + \Sigma(a_n \cos n\theta + b_n \sin n\theta) = a_0/2 + \Sigma A_n(\theta) \qquad (\rho_n^2 = a_n^2 + b_n^2),$$
$$F(\theta) = a_0\theta^2/4 + C\theta + C' - \Sigma A_n(\theta)n^{-2} \qquad (\Sigma\rho_n n^{-2} \text{ fini}).$$

Si la série (1) *converge en moyenne absolue vers* $f(\theta)$, $f(\theta)$ *est la dérivée seconde généralisée de* $F(\theta)$ *au point* θ. *Cette conséquence n'est plus certaine si* (1) *converge seulement en moyenne simple vers* $f(\theta)$. Dans ce dernier cas toutefois, $f(\theta)$ est la dérivée seconde généralisée *approximative* de F au point θ.

Exemple (A). — Soit $r_{1.n} = 4\alpha_k \cos^3 nh_k$ pour $n_k \leq n \leq n_{k+1}$, $n_{k+1} = p_k n_k$, $p_k \equiv 1 \pmod 4$, $h_k = \pi/2n_k$, $\alpha_k > 0$ et tendant vers 0, mais $(1\Sigma k)\alpha_k$ étant infini avec k, et moins croissant que $\alpha_k \log p_k$; $b_n = 0$, $a_0/2 = r_{1.1}$, $a_1 = 2r_{1.2} - r_{1.1}$,

$$a_n = (n+1)r_{1.n+1} - 2nr_{1.n} + (n-1)r_{1.n-1} \qquad (n \geq 2).$$

Pour $\theta = 0$, la série $\Sigma a_n \cos n\theta$ converge vers 0 en moyenne simple, mais non pas absolue. Or, pour $\theta = 0$, $F(\theta)$ a des nombres dérivés seconds généralisés infinis [des deux signes, si l'on multiplie α_k par $(-1)^k$]. α_n tend vers 0 si $n_{k+1} \leq n_k^2$. La somme de la série se calcule aisément pour $\theta \neq 0$ et c'est une fonction sommable si $n_{k+1} \log n_{k+1} < n_k^2$.

$f(\theta)$ étant une fonction sommable quelconque, et (1) sa série de Fourier, posons

$$\varphi(\theta, t) = f(\theta + t) + f(\theta - t) - 2f(\theta), \qquad \int_0^u \varphi(\theta, t)\,dt = \Phi(\theta, u),$$
$$\lambda_m(t, \varepsilon_i) = \varepsilon_0 \sin\frac{t}{2} + \varepsilon_1 \sin\frac{3t}{2} + \ldots + \varepsilon_{m-1} \sin\left(m - \frac{1}{2}\right)t$$

avec

$$\varepsilon_i^2 = 1, \qquad \varepsilon_i[S_i(\theta) - f(\theta)] \geqq 0.$$

$\varepsilon_i = \varepsilon_i(\theta)$ est indépendant de t, m;

$$\lambda_m(t, \varepsilon_i) = mt\,\mu_m(t, \varepsilon_i), \qquad 1 - \cos mt = mt^2 \nu_m(t),$$

$$I_m = \frac{1}{\pi}\int_0^\pi \varphi(\theta, t)\,\nu_m(t)\,dt, \qquad J_m = \frac{1}{\pi}\int_0^\pi \varphi(\theta, t)\,\mu_m(t, \varepsilon_i)\,dt.$$

Les conditions de convergence en moyenne simple et absolue de (1) vers $f(\theta)$ au point θ sont respectivement

$$\lim I_m = 0, \qquad \lim J_m = 0$$

quand m croît et, pour la seconde, indépendamment du choix des $\varepsilon_i(\theta) = \pm 1$. La condition $\lim I_m = 0$ n'entraîne pas que l'intégrale du coefficient différentiel de I_m dans le champ $(0, a/m)$ tende vers zéro, si a varie indifféremment dans un intervalle indépendant de m, compris entre 0 et 2π, si petit soit-il. En effet, cette propriété équivaut à $\partial\Phi(\theta, 0)/\partial u = 0$. Or, dans l'exemple (A), cette dérivée n'existe pas.

L'inégalité de Schwartz (pour la seconde intégrale on divise le champ d'intégration par l'introduction du point π/m) montre que

$$\omega_m(\varepsilon_i) = \frac{1}{\sqrt{m}}\int_0^\pi |\lambda_m(t, \varepsilon_i)|\,dt \qquad \text{et} \qquad \beta_m(\varepsilon_i) = \int_0^\pi |\mu_m(t, \varepsilon_i)|\,dt$$

sont bornés par des constantes absolues. La même propriété vaut pour l'intégrale, immédiatement rattachée à $\beta_m(\varepsilon_i)$,

$$\int_0^\infty |1 - 2\cos\alpha_1 x + 2\cos\alpha_2 x + \ldots \pm 2\alpha_r \cos\alpha_r x \mp \cos x|\,x^{-2}\,dx$$
$$(0 < \alpha_1 < \alpha_2 < \ldots < \alpha_r \leqq 1).$$

Des limitations de ω_m et de β_m il résulte que :

La convergence en moyenne absolue de la série de Fourier d'une fonction sommable ne dépend en un point donné que des valeurs de la fonction dans un intervalle entourant ce point. Si, dans un tel intervalle, la fonction $f(\theta)$ est à carré sommable et si $\int_0^u [f(\theta + t) - f(\theta)]^2\,dt$ a pour dérivée zéro à l'origine $(u = 0)$, la série (1) converge en moyenne absolue vers $f(\theta)$ au point θ. Il en est en particulier ainsi *en tout point θ où f est continue, ou approximativement continue et bornée.* On a encore la convergence en

moyenne absolue au point θ, si, $u^{-1}\int_0^u \varphi(\theta, t)\,dt$, qui tend vers zéro avec u, *est à variation totale bornée* (à l'origine). Ainsi $S_n(\theta)$ *converge approximativement vers* $f(\theta)$ *en tout point, si* $f(\theta)$ *est une fonction continue, sur une épaisseur pleine si* f *est à carré sommable.*

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Une mécanique ondulatoire complètement relativiste.* Note [1] de M. **Lucien Chadenson**, présentée par M. Louis de Broglie.

Pour construire une mécanique ondulatoire complètement relativiste, nous utilisons un espace fonctionnel défini dans de précédentes Notes [2]. Les quatre variables d'Univers sont celles de Minkowski, x, y, z, $+ict$, avec la convention que le même point est représenté également par x, y, z, $-ict$.

La théorie des fonctions de moyenne quadratique sommable s'étend à la variable imaginaire pure ict, avec la seule convention de considérer, dans la représentation de la fonction en série ou intégrale de Dirichlet

$$\sum_{-\infty}^{+\infty} A_n e^{i\Lambda_n x} \quad \text{et} \quad \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(\lambda) e^{i\lambda x}\, d\lambda,$$

les exposants Λ_n et λ imaginaires purs en même temps que x.

Ceci dit, on doit modifier comme suit le premier principe de représentation de la mécanique ondulatoire.

Les valeurs possibles d'une grandeur attachée au corpuscule, c'est-à-dire les résultats possibles d'une mesure moyenne s'étendant sur toute la durée sont les valeurs propres de l'opérateur linéaire hermitique correspondant à cette grandeur.

Cette substitution d'une moyenne des mesures dans le temps de $-\infty$ à $+\infty$ ne soulève pas de difficultés pour la détermination de toutes les constantes de la mécanique atomique.

La représentation, par fonctions de moyenne quadratique sommable, permet d'ailleurs d'étendre la sommation pour calcul de valeurs moyennes sur un intervalle de temps fini, ce qui supprime les difficultés d'interpré-

(1) Séance du 11 juillet 1938.
(2) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 122; **202**, 1936, p. 1974.

tation pour l'étude d'une action nouvelle agissant sur un état antérieurement stable. Le deuxième principe de la mécanique ondulatoire sera modifié également dans le même sens.

Pour le passage de l'équation de Schrödinger du second ordre

$$P^2 + c^2 = 0 \qquad \text{avec} \qquad P_i = p_i + \frac{e_0}{m_0 c}\varphi_i = -\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial q_i} + \frac{e_0}{m_0 c}\varphi_i$$

aux équations de Dirac du premier ordre, on choisit les opérateurs matriciels hermitiques de Dirac suivants :

$$1_l^k \mid \text{ou} \mid x_l^k \mid = \begin{vmatrix} . & 1 & . & . \\ 1 & . & . & . \\ . & . & . & -1 \\ . & . & -1 & . \end{vmatrix}, \qquad \mid 2_l^k \mid \text{ou} \mid y_l^k \mid = \begin{vmatrix} . & i & . & . \\ -i & . & . & . \\ . & . & . & -i \\ . & . & -i & . \end{vmatrix},$$

$$\mid 3_l^k \mid \text{ou} \mid z_l^k \mid = \begin{vmatrix} . & . & . & -i \\ . & . & -i & . \\ . & i & . & . \\ i & . & . & . \end{vmatrix}$$

$$\mid 4_l^k \mid \text{ou} \mid t_l^k \mid = \begin{vmatrix} 1 & . & . & . \\ . & 1 & . & . \\ . & . & 1 & . \\ . & . & . & 1 \end{vmatrix}, \qquad \mid 5_l^k \mid \text{ou} \mid c_l^k \mid = \begin{vmatrix} . & . & . & 1 \\ . & . & 1 & . \\ . & 1 & . & . \\ 1 & . & . & . \end{vmatrix},$$

$4_l^k \mid$ commutant avec tous les autres, qui anticommutent entre eux.

Les quatre fonctions d'onde sont normalisées ici, non pas sur l'opérateur du temps, mais sur celui de la constante c, la grandeur physique de cet opérateur correspondant, comme dans la forme de Dirac, à la masse propre m_0, mais sans la difficulté d'attribuer une masse propre positive à deux des ondes et une masse propre négative sur deux autres. On retrouve ici, avec la substitution de la valeur moyenne à celle de l'intégrale, l'identité de l'intégrale dans le temps de la valeur moyenne de la masse propre avec l'intégrale d'action de la dynamique d'Einsten rencontrée sous la forme de Dirac,

$$M\{\bar{\psi}_l \mid c_l^k \mid \psi_k\} = 1.$$

Les équations développées auxquelles on aboutit sont d'une forme évidemment assez voisine de celle de la forme de Dirac, mais on constate alors que le coefficient imaginaire de la variable ict, dit de Minkowski, joue

toujours un rôle très particulier, par exemple dans le passage de l'équation de premier ordre

$$[|x_l^k|P_x+|y_l^k|P_y+|z_l^k|P_z+j|t_l^k|P_t]\psi_k=|c_l^k|c\psi_k$$

à l'équation du second ordre par itération avec changement de signe de i.

Il est désigné désormais par j au lieu de i, pour le suivre dans ses transformations. Mais surtout la solution à énergie négative si gênante disparaît. Par exemple, dans le problème de l'onde plane en l'absence de champ, on trouve comme solution pour l'énergie les deux racines imaginaires conjuguées de

$$j^2\frac{W_t^2}{C^2}=-(p_x^2+p_y^2+p_2^2+c^2)$$

qui correspondent tout simplement à la dualité de représentation initiale due à l'emploi des variables de Minkowski $x, y, z, \pm jct$, le j de l'équation ci-dessus étant précisément celui de la variable jct.

Cette modification à la théorie ne nous a pas paru apporter pour le moment d'autres résultats nouveaux au point de vue de la représentation des lois expérimentales par rapport à la théorie non complètement relativiste, mettant à part les améliorations sur les concepts de la masse et de l'énergie, et ce que l'on en déduit par exemple sur la validité du théorème d'Ehrenfest.

Cependant, dans le mouvement d'un électron dans un champ central statique, il apparaît en outre des solutions discontinues une zone de solutions continues pour les valeurs de 1 comprises entre 0 et 1/2, dont on montrera ailleurs une très curieuse correspondance en mécanique céleste.

Une des applications les plus intéressantes de la forme complètement relativiste est de pouvoir tenter un rapprochement avec la mécanique céleste sous la forme de la relativité généralisée, rapprochement capable de conduire à de multiples résultats numériques dépassant le cadre de simples coïncidences ([3]).

([3]) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 119.

ACOUSTIQUE. — *Sur l'accord des tuyaux sonores à anche battante considéré comme phénomène de relaxation.* Note [1] de M. **Léon Auger**, présentée par M. Henri Villat.

Je me suis servi, pour l'étude de l'accord des tuyaux à anche, d'une anche battante en laiton écroui de 75^{mm} de long, 8^{mm} de large et $0^{mm},4$ d'épaisseur. Cette anche est adaptée, comme il est d'usage, par l'intermédiaire d'un noyau de plomb, à un résonateur tronconique, dont les caractéristiques sont :

Longueur	$1^{m},005$
Diamètre de la grande base	$0^{m},093$
Diamètre de la petite base	$0^{m},019$
Fréquence propre du résonateur fermé au petit bout	133
Fréquence propre du résonateur ouvert aux deux bouts	162

J'ai opéré à cinq pressions différentes : $3^{cm},5$ — 8^{cm} — $14^{cm},5$ — $17^{cm},8$ et 20^{cm} d'eau.

Pour chaque pression, j'ai fait varier la longueur de la partie vibrante de la languette de 40 à 65^{mm} et j'ai mesuré, pour chaque longueur, la fréquence du système anche-tuyau. Sur le graphique ci-contre, établi pour la pression de 8^{cm} d'eau, la courbe de variation des fréquences du système est tracée en pointillé.

Si l'on augmente la longueur de la languette, le point figuratif de la fréquence du système suit l'arc SA de la courbe F des fréquences de l'anche seule vibrant sous l'action du vent. Le son observé est aigre et intense.

Lorsque le point figuratif arrive à l'intersection A de la courbe F avec l'horizontale Φ_1 de fréquence du résonateur ouvert aux deux bouts, la fréquence passe brusquement en B sur l'horizontale Φ_2 représentant la fréquence du résonateur fermé au bout étroit. Le son obtenu est stable, de bonne qualité, le timbre est celui du bourdon : c'est l'accord. Si l'on continue à allonger la partie vibrante de la languette, le son du bourdon disparaît peu à peu et le timbre devient aigre et intense : le point figuratif se rapproche, sans y revenir, de la courbe des fréquences de l'anche soumise au vent.

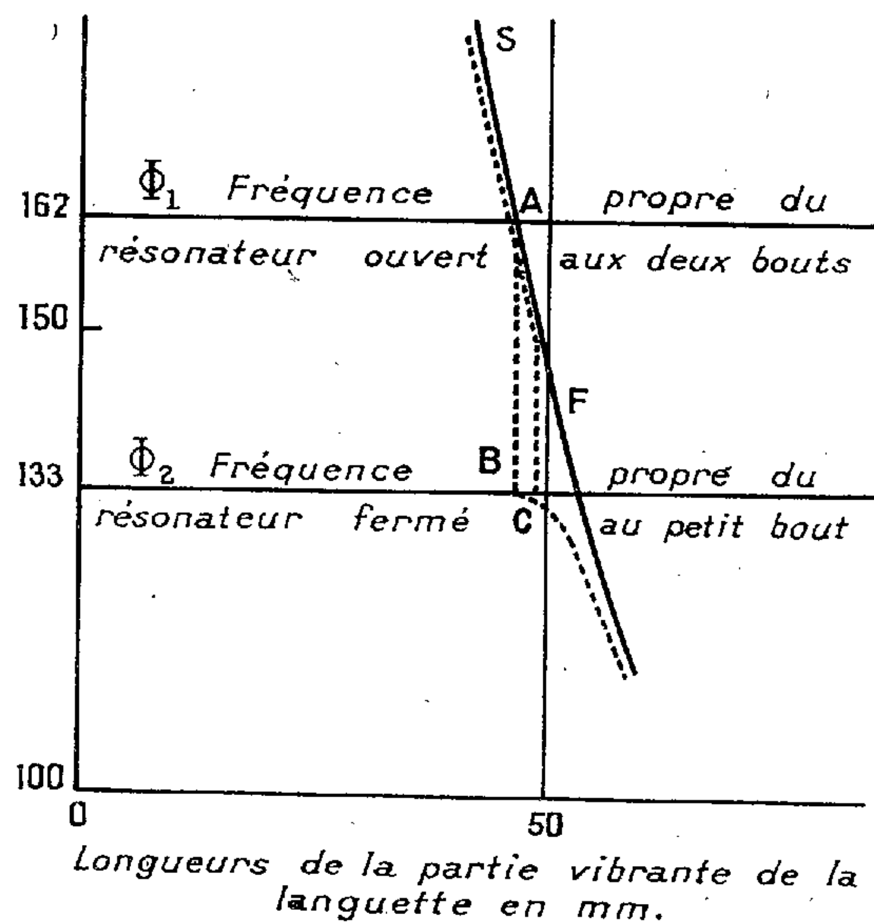
Si alors on raccourcit la languette, la courbe précédente est décrite

---

[1] Séance du 4 juillet 1938.

d'abord, mais quand on arrive en C, sur l'horizontale Φ_2, le point figuratif saute et se place sur la courbe de l'anche, pour une longueur de la languette plus grande que celle qui a provoqué la chute de la fréquence en B.

Il est à remarquer qu'à l'aller, quand le point figuratif passe de B à C, le



son du bourdon est très instable. Il suffit de passer la main devant l'extrémité ouverte du résonateur pour provoquer le saut du point figuratif jusqu'à la courbe F.

En somme, l'oscillation auto-entretenue de l'anche s'ajuste suivant AB sur la période propre du résonateur fermé au petit bout. Le caractère relaxatif du phénomène se trouve ainsi confirmé ([2]).

ÉLECTRICITÉ. — *Le potentiel explosif dans la vapeur de benzène.* Note ([1]) de MM. **Eugène Badareu** et **Livin Constantinesco**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'étude du potentiel explosif présente un intérêt particulier, du fait qu'elle peut fournir des renseignements précieux concernant les

([2]) Cf. A. Foch, *Acoustique*, p. 55.

([1]) Séance du 4 juillet 1938.

phénomènes élémentaires qui ont lieu dans le gaz et à la surface de la cathode, au moment de l'allumage de la décharge. Comme on n'a pas fait jusqu'à présent de recherches systématiques de ce genre sur les molécules complexes des corps organiques, nous en avons entrepris une série. Les premiers résultats expérimentaux, concernant le benzène, forment l'objet de cette Note.

Nous nous sommes proposé d'abord de déterminer le potentiel explosif en fonction du produit pd de la pression p du gaz par la distance d des électrodes.

Pour y arriver, nous avons employé un tube à décharges contenant deux électrodes en Al, planes et parallèles, de profil Rogowski ([2]), l'une fixe, l'autre mobile. Dans ce tube, parfaitement vidé, on détendait une quantité déterminée de vapeur de benzène très pure, dont la pression, dans le volume environ 30 fois plus petit d'un récipient auxiliaire, était mesurée directement à l'aide d'un manomètre à mercure. La connaissance du rapport de détente, rapport soigneusement déterminé auparavant, permettait la connaissance de la pression de la vapeur après la détente, dans le tube à décharges. De cette manière, on pouvait obtenir des pressions réduites et pourtant bien connues. La distance des électrodes (mesurée au cathétomètre) étant variable à volonté, sans changer les autres conditions à l'intérieur du tube, on pouvait obtenir pour une pression donnée, les valeurs désirées du produit pd. Quant au potentiel explosif, on le déterminait en élevant lentement la tension appliquée aux électrodes et en prenant sa valeur au moment de l'apparition du courant de décharge. Ce moment était indiqué par la déviation brusque d'un galvanomètre introduit dans le circuit de décharge. Parfois on le déterminait en observant l'apparition des phénomènes lumineux accompagnant la décharge, observation difficile et moins sûre. En effet, ces phénomènes étaient faibles, car on a eu soin de réduire l'intensité des courants de décharge ainsi que la durée de celle-ci, pour éviter la variation de la composition de la vapeur par des dissociations et des polymérisations des molécules et pour empêcher en même temps un changement notable de la surface de la cathode par le dépôt de produits solides de polymérisation ([3]). Les deux méthodes fournissaient des valeurs coïncidentes.

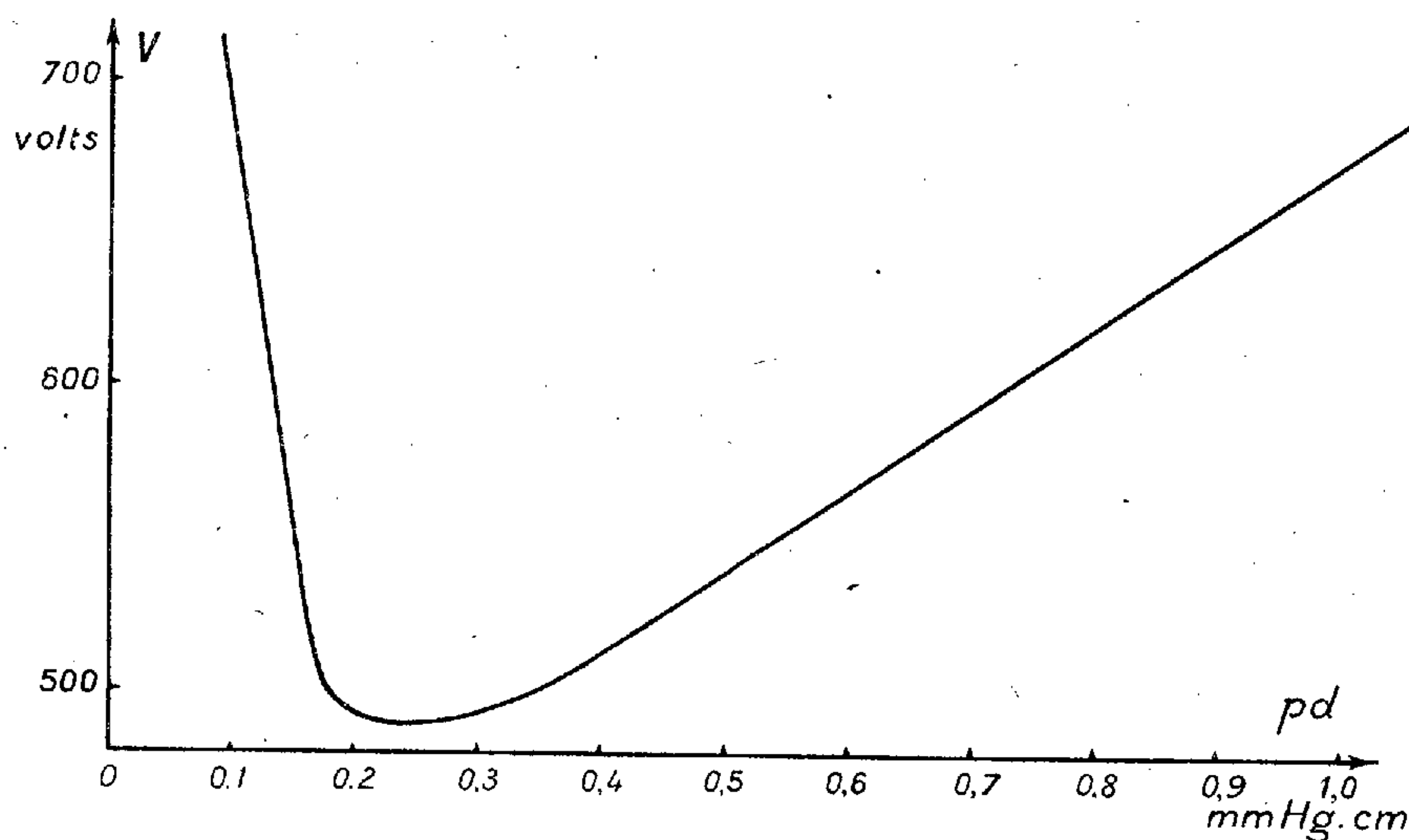
Les résultats obtenus sont représentés par la courbe ci-contre, construite à l'aide de points déterminés à des pressions différentes (0,1-1,8 mm Hg), pour différentes distances entre les électrodes ($0,1\text{-}2^{\text{cm}}$). Il est à remarquer que les points qui se trouvent à la gauche du minimum ne peuvent être obtenus avec précision qu'aux petites pressions, en aucun cas lorsque $d < 0^{\text{cm}},1$, ce qui tient au double fait que pour les distances plus petites

---

([2]) W. Rogowski, *Arch. f. Elektrotechnik*, 12, 1923, p. 1; 16, 1926, p. 73.

([3]) E. Hiedemann, *Ann. d. Physik*, 2, 1929, p. 221.

que 0^{cm}, 1 l'erreur relative qui entache leur détermination est assez grande, et que dans ces conditions le champ électrique très intense (ordre de grandeur 10^4 volts-cm^{-1}) peut faire intervenir l'effet autoélectronique, surtout si la surface des électrodes n'est pas parfaitement polie. En ce qui concerne les points de la branche droite de la courbe, ils sont bien reproductibles



dans l'intervalle mentionné. Pour le domaine de pressions de 0,8 à 1,8 mm Hg, on obtient une très bonne reproductibilité, dans la même vapeur la valeur de V se reproduit pour un même *pd* à un volt près même si l'on répète immédiatement la décharge, tandis que pour des pressions plus petites on observe une influence du temps d'attente après la décharge : pour obtenir la même valeur de V on doit attendre environ 15 minutes. Il est à peine nécessaire d'ajouter qu'en général la condition essentielle pour avoir une bonne reproductibilité des résultats est que la composition de la vapeur et la surface de la cathode ne soient pas changées pendant les déterminations. Cette condition est suffisamment bien remplie si les décharges sont courtes et le courant de décharge de faible intensité (ordre de grandeur maximum 10^{-5} A).

Dans les conditions indiquées ci-dessus on a pu obtenir les résultats représentés par la courbe, mettant en évidence la parfaite valabilité de la loi de Paschen d'après laquelle, pour un gaz donné et dans un champ électrique homogène, le potentiel explosif dépend exclusivement du produit *pd*. On peut en extraire les valeurs des constantes fondamentales

$$V_{min} = (489 \pm 1) \text{ volts} \quad \text{et} \quad (pd)_{min} = (0,24 \pm 0,01) \text{ mm Hg/cm},$$

valeurs qui interviennent dans les relations quantitatives de la théorie de l'allumage de la décharge électrique et qui ont une signification physique spéciale. On doit remarquer, en comparaison avec les courbes $V = f(pd)$ des gaz étudiés jusqu'à présent, la valeur élevée de V_{min}, la valeur réduite de $(pd)_{min}$ et la grande pente de la branche droite de la courbe.

ONDES HERTZIENNES. — *Sur la réflexion mixte dans des milieux d'indices optiques variables; application à l'ionosphère.* Note de Mme **Irène Mihul** et M. **Constantin Mihul**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dès 1934, Ionescu et Mihul ([1]) ont énoncé leur conclusion que les ondes électriques subissent dans l'ionosphère des réflexions partielles. Cependant cette opinion n'est pas encore partagée par tous ceux qui s'occupent de l'étude de l'ionosphère et suscite parfois leurs critiques ([2]). Ces critiques sont basées sur la remarque que la composition des vibrations élémentaires réfléchies sur des couches successives superposées devrait donner une courbe spirale dont le rayon de courbure serait très petit pour les variations que l'on peut admettre de l'ionisation avec l'altitude. De la sorte l'onde réfléchie dans ces conditions aurait une amplitude résultante négligeable. Pour obtenir une réflexion notable il faudrait que l'ionisation change beaucoup plus vite quand l'altitude change.

En effectuant les calculs de réflexion des ondes électromagnétiques dans l'ionosphère d'une façon rigoureuse, nous avons trouvé que, dans le cas des milieux mixtes, cette difficulté n'est pas toujours grave. Considérons dans un tel milieu la surface de séparation entre la couche où l'indice de réfraction est n et l'indice d'extinction est k et la couche voisine aux indices $n+dn$ et $k+dk$. L'application des formules de Fresnel relatives à la réflexion sous l'incidence normale nous donne pour la vibration réfléchie sur cette surface l'amplitude

$$dA = \frac{A_0}{2}\sqrt{\frac{(dn)^2+(dk)^2}{n^2+k^2}},$$

et une avance de phase par rapport à l'onde incidente, donnée par la

([1]) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1301.

([2]) Best, Farmer et Ratcliffe, *Proc. Roy. Soc.*, A, **164**, 1938, p. 103.

relation

$$\operatorname{tang}\varphi = \frac{k - n\left(\frac{dk}{dn}\right)}{n + k\left(\frac{dk}{dn}\right)} = 2\,\frac{k\,dn - n\,dk}{d(n^2 + k^2)},$$

ou encore

$$\operatorname{tang}\varphi = \frac{2\sigma T - \varepsilon\left[\frac{d(2\sigma T)}{d\varepsilon}\right]}{\varepsilon + 2\sigma T\left[\frac{d(2\sigma T)}{d\varepsilon}\right]} = 2\,\frac{2\sigma T\,d\varepsilon - \varepsilon\,d(2\sigma T)}{d[\varepsilon^2 + (2\sigma T)^2]},$$

en désignant par ε et σ la constante diélectrique et la conductibilité du milieu exprimées en unités électrostatiques, et par T la période de l'onde. Comme φ varie avec les propriétés optiques de la couche réfléchissante, il en faut tenir compte pendant la composition des amplitudes des ondes réfléchies de même façon qu'on tient compte de leurs retards optiques relatifs $d\psi = (2\pi n.2\,dh)/\lambda$. Nous avons constaté que *dans certaines conditions les retards optiques $d\psi$ sont compensés par les variations de φ et le milieu acquiert de ce fait un coefficient de réflexion notable.*

Dans l'ionosphère les constantes ε et σ sont fonctions de l'altitude par l'intermédiaire de la densité électronique N et de la durée τ entre deux chocs successifs d'un électron contre les molécules du gaz. De ces deux variables c'est N dont les variations sont les plus importantes dans les régions de réflexion. Considérons, en commençant, le cas où τ reste constant et où N croît avec l'altitude d'une façon linéaire. Si l'on partage alors l'ionosphère en couches minces d'épaisseurs égales, on trouve que les valeurs de dA ainsi obtenues passent par un maximum. Précisément à cet endroit $\operatorname{tang}\varphi$ subit des variations assez rapides en passant par l'infini, des valeurs positives aux valeurs négatives. On constate ainsi que les vibrations élémentaires, réfléchies sur les couches successives, présentent des avances de phase croissant avec l'altitude des couches respectives. *Il en résulte une compensation plus ou moins complète des retards optiques : la spirale des amplitudes se trouve déroulée et la vibration résultante a une amplitude notable.*

Pour avoir cet effet de compensation on doit avoir $d\varepsilon < 0$ et $d\sigma > 0$, ce qui a lieu si τ reste constant et N croît. Quand on tient compte des variations de τ on trouve certaines conditions auxquelles doit satisfaire le rapport $(dN/dh)/N$ pour que la réflexion ait lieu. On trouve pour ce rapport une limite inférieure croissante avec τ. Cette limite tend vers $-(d\tau/dh)/\tau$ pour $\tau = \infty$.

En étudiant l'ionosphère on doit traiter séparément les cas des ondes de radiodiffusion et celui des ondes courtes. Pour les premières, la réflexion a lieu dans la partie inférieure de l'ionosphère ([3]). Pendant la journée, le plafond d'ionisation descend à un niveau où τ est négligeable par rapport à T et l'on n'obtient des réflexions notables ni pour l'incidence normale ni pour des incidences obliques. Pendant la nuit, le plafond d'ionisation monte aux altitudes où $\tau \cong T$. La réflexion en est améliorée. Si, pour l'incidence normale, elle est encore négligeable, elle est bonne pour des incidences obliques. Cela tient à ce que, pour les mêmes variations de $d\varepsilon$ et $d\sigma$, les valeurs de dA sont d'autant plus grandes et les retards relatifs des ondes élémentaires réfléchies sur deux couches données sont d'autant plus petits que l'incidence est plus grande. De la sorte l'effet de nuit se traduit par une amélioration de transmission aux grandes distances.

Pour les ondes courtes, la réflexion proprement dite ne doit être considérée que pour l'incidence normale, puisque l'on sait que sous des incidences obliques ces ondes sont renvoyées vers la terre par le phénomène du mirage. Pour ces ondes, la réflexion par le mécanisme des réflexions partielles est encore possible sans que le gradient d'ionisation prenne des valeurs excessives. En effet, dans la région de réflexion, leur indice de réfraction est voisin de zéro, et les retards optiques sont petits même pour dh égal à plusieurs λ. Quelquefois ces retards sont plus petits que les avances $d\varphi$ des ondes élémentaires respectives dues à la réflexion, et la spirale des amplitudes est dans ce cas enroulée sur une portion en sens inverse : les ondes réfléchies sur les couches supérieures ont à leur sortie une avance de phase par rapport à celles réfléchies plus bas. Cela arrive pour les ondes qui subissent leur réflexion au niveau où leur $n^2 + k^2$ est très voisin de zéro. Dans ce cas, les amplitudes des ondes élémentaires sont assez grandes, et si l'on ne tenait pas compte des variations de φ, on obtiendrait une onde réfléchie plus intense que l'onde incidente.

FLUORESCENCE. — *Sur des fluorescences à grande persistance dans le groupe des calcaires naturels.* Note de M. **Maurice Déribéré**.

L'étude des luminescences de nombreux calcaires nous a amené à observer des persistances de fluorescences exceptionnelles. En les exposant

([3]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 904.

en lumière de Wood sélectionnée et de champ intense, de nombreux calcaires donnent des fluorescences allant jusqu'à l'orangé et parfois au rouge sombre vineux pour des marbres saccharoïdes blancs ou au rose pour les cristaux d'aragonite ou pour certaines calcites manganésifères. Des concrétions hydratées donnent plus généralement des fluorescences bleues très lumineuses et susceptibles de persistance après suppression de l'irradiation.

Ainsi l'onyx calcaire d'Aïn-Smara (Algérie) a une fluorescence orangée ou blanchâtre à nets reflets bleuâtres en lumière de Wood. Si, au moyen d'un obturateur rapide, nous supprimons toute excitation, la fluorescence bleue décroît rapidement mais en demeurant perceptible de 2 à 5 secondes.

Des fragments de stalactites et de stalagmites de diverses provenances ont montré aussi une telle persistance exceptionnelle de luminescence allant en certains cas jusqu'à 7 secondes de durée d'émission perceptible à l'œil.

De tels résultats sont anormaux et le phénomène pouvait, de prime abord, être considéré comme une phosphorescence. Il s'agit bien cependant d'une persistance de fluorescence car le phénomène photoluminescent n'est pas accru par l'élévation de la température. Le chauffage des échantillons ne l'affecte pas ou même, en certains cas, le diminue.

Des courbes d'intensité lumineuse en fonction du temps ont été relevées au moyen d'une cellule photoélectrique sensible portée sous le volet obturateur. Ces courbes marquent la décroissance de fluorescence en fonction du temps. En les réalisant pour plusieurs températures pour un même échantillon elles démontrent l'inopérance de la température sur la plupart des échantillons. Pour quelques autres les courbes relevées à 50 et 100° sont nettement situées au-dessous de celles relevées à température normale (18° C).

Par chauffage des calcaires hydratés à fluorescence persistante la fluorescence vire à l'orangé et perd sa faculté de persistance lorsque l'eau incluse est éliminée. Il s'agit donc d'un caractère particulier de formes cristallines appropriées de calcaires concrétionnés et hydratés. La silice n'apparaît pas comme inhibitrice du phénomène. Par contre des traces de fer l'affectent jusqu'à disparition totale pour de faibles proportions de l'ordre de 0,5 à 1 pour 100 Fe^2O^3 inclus. L'irradiation par les rayons visibles ne provoque aucun phénomène photoluminescent persistant.

L'allure des courbes de décroissance de la luminosité en fonction du temps semble bien exponentielle, mais avec des constantes d'amortissement incompatibles avec la théorie électromagnétique classique, et qui ne peuvent s'interpréter qu'en théorie quantique.

EFFET RAMAN. — *Spectres Raman des poudres cristallines. Hydrates.* Note [1] de MM. **Étienne Canals** et **Pierre Peyrot**, présentée par M. Charles Fabry.

Le spectre Raman de l'eau liquide met en évidence, pour les atomes d'hydrogène, trois fréquences de vibration le long des traits de valence; il est essentiellement constitué, dans le domaine spectral correspondant, par les deux bandes intenses et diffuses 3200 et 3400 et par la bande faible 3600 cm^{-1}.

Les cristaux hydratés doivent évidemment présenter aussi des bandes Raman dans la même région 3200 — 3600 cm^{-1}. Nous avons essayé d'étudier ces bandes en utilisant la technique indiquée dans une Note précédente [2].

On trouvera ci-dessous les valeurs des fréquences observées et un dessin des spectres [3].

Acide oxalique, 2 aq.	3429 lF, 3477 bFf.
Sulfate de calcium, 2 aq.	3249 f, 3299 Ff, 3400 lF, 3490 lFF, 3602 f.
Chlorure de baryum, 2 aq.	3281 lFf, 3331 lF, 3372 lFf, 3454 lFF.
Nitrate de cadmium, 4 aq.	forte bande de 3290 à 3526 avec maximum à 3472.
Hyposulfite de sodium, 5 aq.	3290 ff, 3377 lFf, 3404 lFF, 3445 lF, 3615 f.
Chlorure de strontium, 6 aq.	3221 f, 3290 ?, 3391 lFf, 3436 lFF, 3611 ff.
Chlorure de magnésium, 6 aq.	3354 bFF, 3517 bF.
Sulfate de magnésium, 7 aq.	forte bande de 3184 à 3548 avec maxima à 3230, 3322, 3404, 3481.
Sulfate de zinc, 7 aq.	forte bande de 3151 à 3503 avec maximum à 3436.
Sulfate de sodium, 10 aq.	3276 bFf, 3372 bF, 3431 bFF, 3513 bF.
Alun de potassium, 24 aq.	faible bande de 2973 à 3207; forte bande de 3340 à 3413 avec maximum à 3377; raie à 3571 ff.

Les résultats sont donnés en nombres d'ondes par centimètre; l, raie large; b, bande; ff, très faible; f, faible; Ff, moyenne; F, forte; FF, très forte.

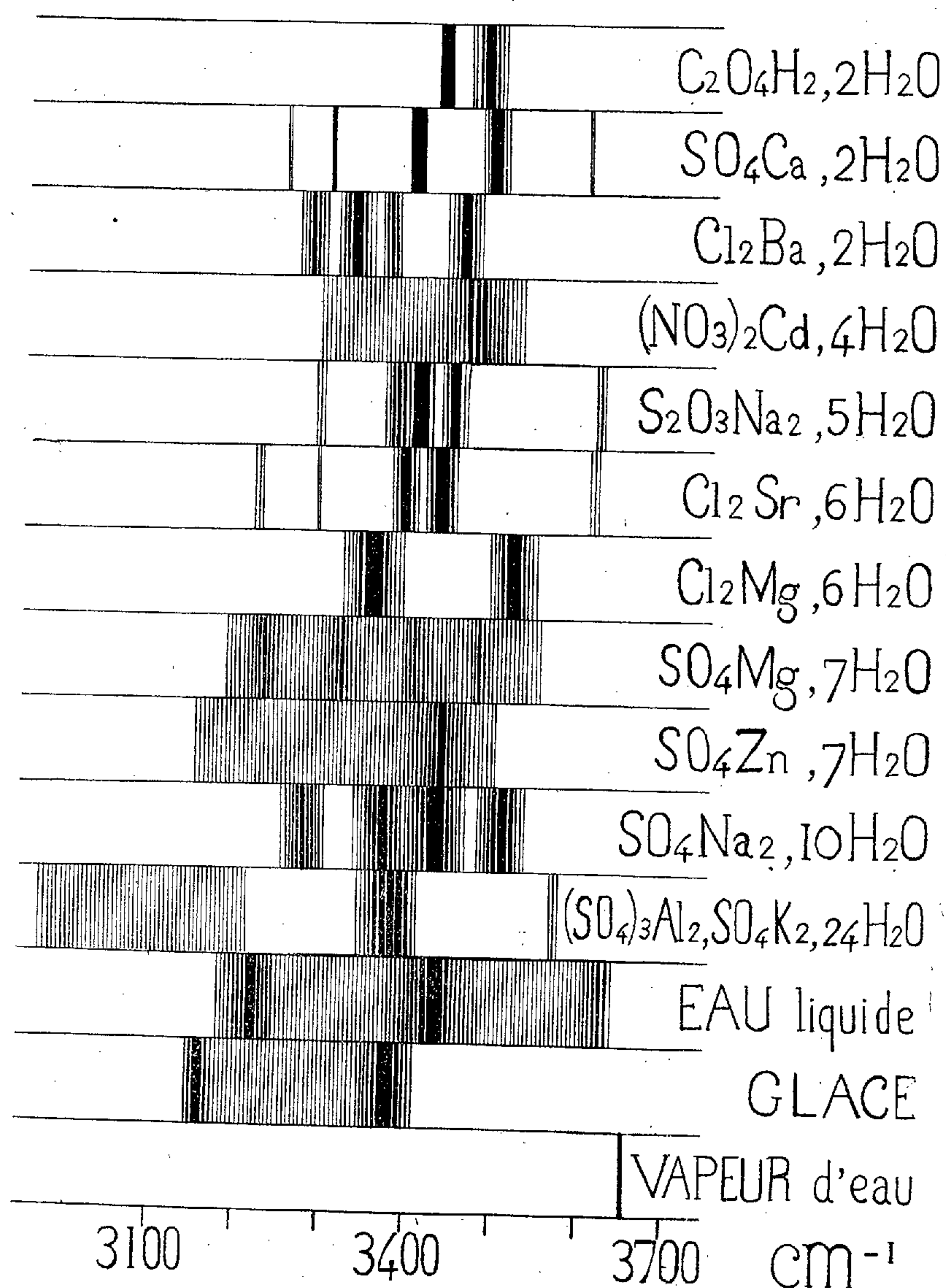
---

(1) Séance du 4 juillet 1938.

(2) E. Canals et P. Peyrot, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1179.

(3) Les spectres de l'eau liquide, de la glace et de la vapeur d'eau ont été reproduits d'après J. Cabannes et J. de Riols, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 30.

On est étonné de ne pas trouver deux spectres semblables, même pour les cristaux qui ont le même nombre de molécules d'eau de cristalli-



sation. Dans l'ensemble, on remarque surtout deux bandes assez intenses vers 3400 cm^{-1} dérivant peut-être de la bande 3436 de l'eau liquide.

La diversité des spectres fait penser à un mode particulier de fixation de l'eau d'hydratation pour chacun des corps étudiés. En attribuant avec

Cabannes la raie 3654 de la vapeur au monohydrol et les bandes de fréquence moindre à des polymères, l'eau liquide apparaît comme formée de molécules simples H^2O et de molécules associées. On voit, sur nos spectres, que certains corps comme le gypse, l'hyposulfite de sodium, le chlorure de strontium et l'alun paraissent renfermer des molécules de monohydrol dans leur eau de cristallisation.

On ne retrouve nulle part la bande 3158 de la glace, sauf dans le cas de l'alun où une large bande s'étend de part et d'autre de 3100.

Dans l'ensemble les bandes sont moins larges et mieux définies que dans l'eau liquide.

L'étude des spectres d'absorption des sels hydratés avait déjà montré à L. Passerini [4] la diversité spectrale de l'eau de cristallisation.

PHYSIQUE ATOMIQUE. — *Distribution des niveaux de résonance lors de l'excitation de l'azote par les neutrons rapides.* Note de MM. **Jean Thibaud** et **Paul Comparat**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Comme suite à notre précédente Note [1], nous sommes en mesure de préciser la distribution des énergies des corpuscules α de désintégration lors de l'excitation de l'azote par les neutrons rapides (réaction $^{14}_{7}N, n \rightarrow {}^{11}_{5}B, \alpha$) d'une source Be + Rn (300 millicuries).

Les courbes ci-contre se rapportent aux énergies $E_\alpha + B$ comprises entre 0,75 et 3,5 MeV, dans le cas d'une filtration générale de $1^{cm},5$ de plomb suivie de 0^{cm} (courbe A), de 1^{cm} (courbe B), de $4^{cm},5$ (courbe C) de paraffine. La courbe de droite est la somme des courbes précédentes pour les énergies $E_\alpha + B > 1,3$ MeV, car au delà de cette énergie la distribution des niveaux ne varie plus sensiblement avec l'épaisseur de paraffine interposée.

1. On observe sur la courbe onze niveaux de résonance dont les énergies $E_\alpha + B$ ont les valeurs 0,85; 1,02; 1,30; 1,60; 1,75; 2,05; 2,25; 2,55; 2,75; 3,05; 3,30 MeV.

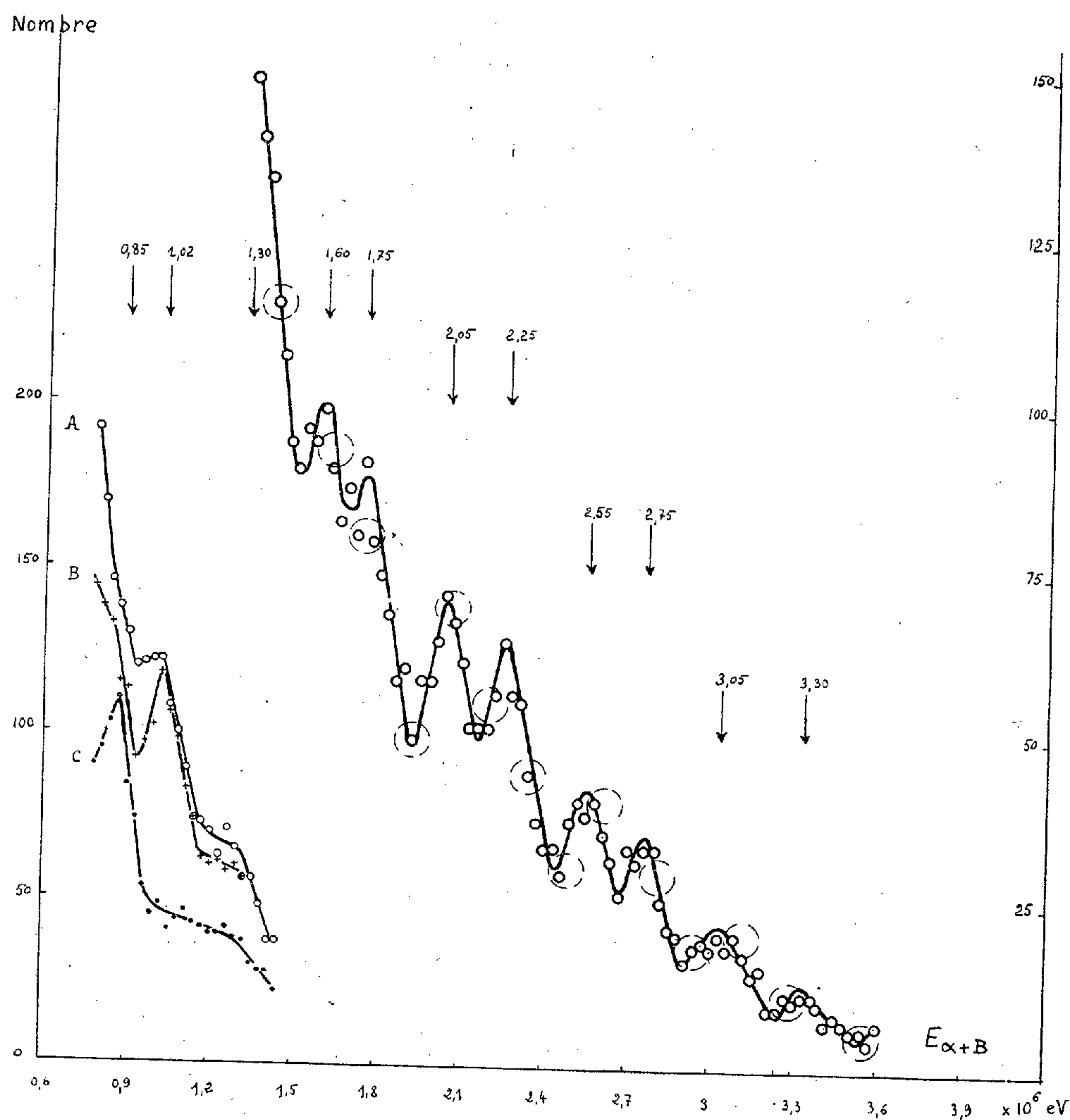
Les points expérimentaux donnés par Wilhelmy [2] dans le cas Rn + Be, filtration 15^{cm} de plomb, mais en l'absence de paraffine, sont représentés par

(4) *Gazzetta chimica italiana*, 65, 1935, p. 502.

(1) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1963.

(2) *Zeits. für Phys.*, 107, 1937, p. 769.

des grands cercles. Ces points se placent très bien sur notre diagramme, mais on constate qu'il y a, en réalité, un nombre de niveaux plus grand que ne l'indiquait cet auteur. Ceci provient d'une part de ce que nos mesures



débutent à des énergies plus basses (0,75 au lieu de 1,2 MeV); d'autre part de ce que l'intervalle d'énergie considéré (E_α, $E_\alpha + \Delta E_\alpha$) est plus faible dans nos mesures ($3 . 10^4$ eV) que dans celles de Wilhelmy ($12 . 10^4$ eV), ce qui permet de déceler des niveaux plus resserrés.

Nos mesures confirment bien les niveaux 2,04 et 2,59 de cet auteur. Par contre, grâce au pouvoir de résolution plus grand, nous notons des maxima

nets à 1,30; 1,60; puis 3,05; 3,30 MeV, là où Wilhelmy indiquait seulement les niveaux 1,42 et 3,21. On remarquera que cet auteur lui-même observait, pour les niveaux en question, un désaccord suivant qu'il utilisait pour l'excitation de l'azote les neutrons de Be + Rn ou ceux de Be + Po (1,5; 3,3 contre 1,4; 3,1).

2. Lorsque l'épaisseur de paraffine interposée varie : *a*. la distribution des niveaux au-dessus de 1,3 MeV varie peu; la hauteur relative des maxima est variable, mais leurs positions inchangées; *b*. par contre, pour les faibles énergies, l'influence de l'épaisseur est très marquée : 1° en passant de 0 à 1^{cm} de paraffine (de la courbe A à la courbe B), diminution importante du nombre des particules dont l'énergie est comprise entre 0,75 et 1 MeV, diminution presque négligeable pour les énergies supérieures à celles-ci, d'où l'accentuation du maximum E = 1,02 sous 1^{cm} de paraffine; 2° en passant de 1 à 4^{cm},5 de paraffine (de B à C), diminution accrue des particules α d'énergie comprise entre 0,75 et 0,85 MeV, d'où l'apparition d'un maximum très net à 0,85 MeV. D'autre part, disparition du maximum 1,02, si net pour 1^{cm} de paraffine.

En résumé, ces résultats montrent l'existence d'un nombre de niveaux plus grand que celui indiqué antérieurement.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Les grandes gerbes cosmiques de l'atmosphère.* Note (¹) de MM. **Pierre Auger** et **Roland Maze**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Nous avons montré (²) l'existence de gerbes de rayons cosmiques produites dans l'atmosphère et dont les branches peuvent être distantes de plusieurs mètres. Nous avons pu étendre cette étude jusqu'à des distances de plusieurs dizaines de mètres et mettre ainsi en évidence les effets de corpuscules de très haute énergie dans leur traversée de l'atmosphère. La mesure du pouvoir pénétrant des particules contenues dans ces gerbes montre l'existence d'un groupe présentant un parcours maximum d'environ 15^{cm} dans le plomb, groupe auquel on peut attribuer le second maximum de la courbe de gerbes de Rossi, et l'anomalie d'absorption contestée par Kuhlenkampff.

(¹) Séance du 11 juillet 1938.
(²) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1721.

2. Nous avons enregistré les coïncidences entre deux groupes de compteurs de 150^{cm^2} de surface utile, séparés par des distances (*d*) allant de 2^m à 50^m. Un des groupes comporte deux compteurs placés l'un au-dessus de l'autre et n'est donc déclanché que par les corpuscules arrivant dans des directions voisines de la verticale. Le second groupe comporte soit un seul compteur, soit deux compteurs placés horizontalement à 40^{cm} l'un de l'autre.

La comparaison des résultats obtenus avec ces deux arrangements, à trois ou quatre compteurs au total, permet d'évaluer la densité superficielle Δ des particules dans les gerbes. En disposant des écrans de plomb d'épaisseur E au-dessus du compteur isolé du second groupe, on peut mesurer le pouvoir pénétrant de ces particules. Le tableau suivant donne les valeurs de *n*, nombre de coïncidences par heure, pour les arrangements à trois compteurs en fonction de la distance *d* et de l'écran E (en centimètres de plomb), et pour quatre compteurs en fonction de *d*. Les mesures étant très longues à cause des petites valeurs de *n*, la précision sur ces valeurs ne dépasse pas 25 pour 100. Enfin une évaluation de Δ, en nombre de particules par mètre carré de surface horizontale, est donnée également. Les coïncidences observées pour $d = 50^m$, quoique significatives, sont trop peu nombreuses encore pour pouvoir être indiquées ici.

	3 compteurs.					
d.	E = 0,2.	5.	10.	15.	4 compteurs.	Δ.
2^m	1,7	0,86	0,2	< 0,1	0,8	40
5^m	1,4	0,7	–	–	–	–
20^m	0,9	0,4	0,1	< 0,1	0,45	30

3. On voit d'après ces résultats que les averses soudaines de rayons cosmiques décrites ici peuvent couvrir des surfaces de l'ordre de 1000^{m^2}, et comportent donc plusieurs dizaines de milliers de corpuscules, dont une moitié environ peut traverser 5^{cm} de plomb. Si l'on évalue à 5.10^7 eV la perte d'énergie de ces corpuscules (supposés être des électrons lourds) par centimètre de plomb, on voit que l'énergie totale de la gerbe, et par conséquent du corpuscule initial qui la produit peut aller de 10^{12} à 10^{13} eV. Les particules d'énergie aussi élevée sont certainement rares, et ce n'est que grâce à leurs effets secondaires très abondants que leur observation devient possible.

Le pouvoir de pénétration des rayons constituant ces gerbes ne dépassant pas 15^{cm} de plomb, on peut évaluer à 1000^m l'altitude maximum

à laquelle elles peuvent se produire pour atteindre le niveau de la mer; parmi les effets secondaires des corpuscules de très haute énergie dans les régions plus élevées de l'atmosphère, seuls les électrons lourds d'énergie assez grande ($>10^9$ eV) peuvent parvenir dans la basse atmosphère, et constituent le groupe dur bien connu.

4. Nous avons cherché à rapprocher l'existence des grandes gerbes décrites ici de certains résultats remarquables obtenus par divers auteurs dans l'étude des rayons cosmiques. Ainsi les gerbes qui sont responsables du second maximum de la courbe de Rossi présentent le même parcours maximum d'environ 15^{cm} de plomb; suivant Schmeiser et Bothe ces dernières gerbes ont une très petite ouverture angulaire, ce qui est d'accord avec la provenance éloignée calculée plus haut pour les grandes gerbes atmosphériques. Il s'agit sans doute d'une même espèce de gerbes de particules demi-pénétrantes produites par les corpuscules durs. De même l'anomalie signalée par Kuhlenkampff dans la courbe d'absorption des rayons corpusculaires durs par des écrans placés au-dessus des compteurs, peut s'expliquer par la production dans ces écrans, à partir des particules du groupe dur, de corpuscules secondaires de pénétration moyenne (30^{cm} de fer).

Dans tous ces cas les gerbes demi-pénétrantes pourraient être produites par effets successifs ou bien à partir d'un seul point de divergence (gerbes de Heisenberg) sans qu'on puisse actuellement encore distinguer entre ces deux modes de production. Nous pensons que l'analyse des grandes gerbes atmosphériques pourra apporter quelques éclaircissements à ces problèmes.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'ordre de grandeur des probabilités de transition radiative dans les noyaux.* Note de M. **Bruno Pontecorvo**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans les noyaux atomiques les probabilités par unité de temps de transition radiative (γ) de dipole ou de quadripole sont ordinairement de l'ordre de $10^{12}-10^{13}\,\text{sec}^{-1}$; ces valeurs sont connues pour les radio-éléments naturels C', ou la présence des particules α de long parcours nous donne un moyen pour évaluer ces probabilités de transition. D'autres renseignements nous sont fournis par la mesure de la largeur des niveaux de résonance pour la capture des neutrons lents : la valeur que l'on déduit pour la probabilité totale de radiation d'un état (somme de toutes les

probabilités de trnnsition radiative à partir de l'état en question) est en accord avec les valeurs données ci-dessus.

D'autre part l'existence de l'isomérie nucléaire nous montre qu'il y a des cas où un état excité d'un noyau peut avoir une vie moyenne très longue, de l'ordre de quelques heures. Weizsäcker (¹) a émis l'hypothèse suivant laquelle l'explication de l'isomérie doit être cherchée dans la possibilité pour le noyau d'avoir, dans son état excité le plus bas (faible excitation), un moment angulaire différant de plusieurs unités du moment angulaire de l'état fondamental; la transition d'un isomère à l'autre serait donc une transition de multipole électrique. L'explication de Weizsäcker est la seule qui ait été envisagée jusqu'ici; d'autre part elle est appuyée par quelques indications expérimentales : il résulte de cette hypothèse (²) que la transition d'un isomère à l'autre doit avoir un coefficient de conversion pratiquement égal à 1, et en effet des expériences sur les isomères du radiorhodium semblent montrer l'existence d'une *raie* d'électrons de conversion (³). Il semble cependant difficile à comprendre dans le cadre des idées de Weizsäcker le fait que les paires d'isomères sont si nombreuses. Sans nous préoccuper de cette difficulté, remarquons que

a. Le nombre des paires d'isomères établis avec certitude augmente avec une extrême rapidité à mesure que les données expérimentales deviennent plus abondantes. De plus, en examinant avec critique les données actuelles sur les radioéléments artificiels, on trouve un certain nombre de cas où l'existence d'une paire d'isomères s'impose, bien que l'attribution du nombre de masse au noyau correspondant ne puisse actuellement être faite. Autrement dit, l'*isomérie nucléaire n'a pas du tout le caractère d'un phénomène exceptionnel.*

b. Les isomères connus jusqu'ici sont tous radioactifs β; par conséquent dans *les cas des isomères actuellement connus*, la probabilité par unité de temps de la transition d'un isomère à l'autre est très petite (au moins assez petite pour qu'on ait pu constater l'isomérie). Pour fixer les idées, disons que la vie moyenne de tous les états métastables *connus jusqu'ici est* $>$ 1 *min.*

On conçoit facilement que, *a fortiori*, *des états* (*faiblement excités*) *avec une vie relativement élevée* (*disons de* 10^{-7} *à* 1 *sec*) *doivent se rencontrer très*

(¹) *Naturwissenschaften*, **24**, 1936, p. 813.

(²) B. Pontecorvo, *Travaux du Congrès du Palais de la Découverte*, Paris, 1938; S. Stebb, *Physica* (sous presse).

(³) B. Pontecorvo, *Nature* (sous presse).

fréquemment, étant donné que les transitions ordinaires de quadrupole ont une vie moyenne de l'ordre de 10^{-12} sec. En raison de la faible valeur (vis-à-vis de 10^{12} sec^{-1}) de leur probabilité d'irradier, ces états peuvent être qualifiés de métastables.

Nous savons maintenant que les transitions radiatives à partir de ces états sont très converties ([2]), ([3]); Stebb a calculé, par exemple, que même une transition d'excitation relativement élevée (100 ekV) possède un coefficient de conversion très grand (pour une vie moyenne de l'ordre de 10^{-7} sec). On doit par conséquent penser que des transitions de ce genre, avec coefficient de conversion ~ 1, peuvent se présenter fréquemment et jouer un rôle important dans l'étude des spectres γ. Citons le cas suivant.

Dans l'étude des spectres γ des radioélements naturels on voit souvent apparaître le spectre X caractéristique de l'élément responsable de l'émission γ. Ceci s'explique aisément, en remarquant que si un rayonnement est en partie converti dans l'anneau K, le spectre K caractéristique de l'élément est ainsi excité : toutefois dans nombre de cas ([4]) le spectre K de l'élément formé après la désintégration est fortement excité, sans que l'on puisse déceler (directement ou indirectement) le rayonnement qui aurait l'énergie pour arracher l'électron K. Étant donnée la précision des mesures, ces cas présentent un problème intéressant qui semble difficile à résoudre sans faire intervenir un mécanisme inconnu d'intense excitation du spectre X.

Peut-être l'explication peut-elle maintenant être cherchée, du moins dans quelques cas, dans le mécanisme envisagé ci-dessus, à savoir dans le *caractère non exceptionnel* (nous dirions *fréquent*) de *transitions radiatives entièrement converties*. En effet une transition ayant une énergie qui n'est pas beaucoup plus grande que la limite d'excitation K, et totalement convertie, peut être responsable de l'intense excitation du spectre X; on explique ainsi l'absence de rayonnement γ et l'on comprend que les électrons de conversion passent inobservés en raison de leur faible énergie.

([4]) RUTHERFORD, CHADWICK et ELLIS, *Radiations from Radioactive Substances*; RASETTI, *Elements of Nuclear Physics*; M. FRILLEY, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1013.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le diagramme de solidification des alliages cuivre-aluminium*. Note ([1]) de MM. **W. Broniewski, Stanislas Jelnicki** et **Miecsyslas Skwara**, transmise par M. Georges Charpy.

L'étude des propriétés physiques des alliages cuivre-aluminium, effectuée par l'un de nous ([2]) avait indiqué quatre composés : $AlCu^3$, Al^2Cu^3, AlCu et Al^2Cu.

Les diagrammes d'analyse thermique confirment généralement la présence de trois de ces composés : $AlCu^3$, AlCu et Al^2Cu et indiquent, en plus, le composé $AlCu^2$ (Stockdale, 1922 et 1924; Tazaki, 1925), alors que le composé Al^2Cu^3 n'est pas identifié par cette voie.

Notre étude a été faite avec de l'aluminium d'origine française à 99,997 pour 100 de pureté et de cuivre électrolytique. Les alliages, fondus dans le vide d'un four à haute fréquence, subissaient une homogénéisation de 250 heures à 500° suivie d'un refroidissement en 75 heures jusqu'à la température ordinaire.

L'analyse thermique a été faite à l'échauffement par enregistrement photographique à forte échelle, la température d'ébullition du soufre (444°) et celle du zinc (918°) étant prise successivement pour l'origine des courbes. La soudure froide du couple était placée dans un thermostat Sierzputowski-Wolniewicz, maintenant la température constante à 0°,1 près.

Les résultats de cette étude sont reproduits sur la figure ci-après.

Points singuliers du diagramme.

Température.......	1034°.	952°.	850°.	849°.	621°.	589°.	574°.	570°.	569°.	548°.
Pour 100 d'aluminium en poids.	6,5	19	19	23	29,5	30	30	23	10	47
	9,5	21	21	24	41	44	45,5	24	12,5	67
	15,5	24,5		30		47		25	14,5	93

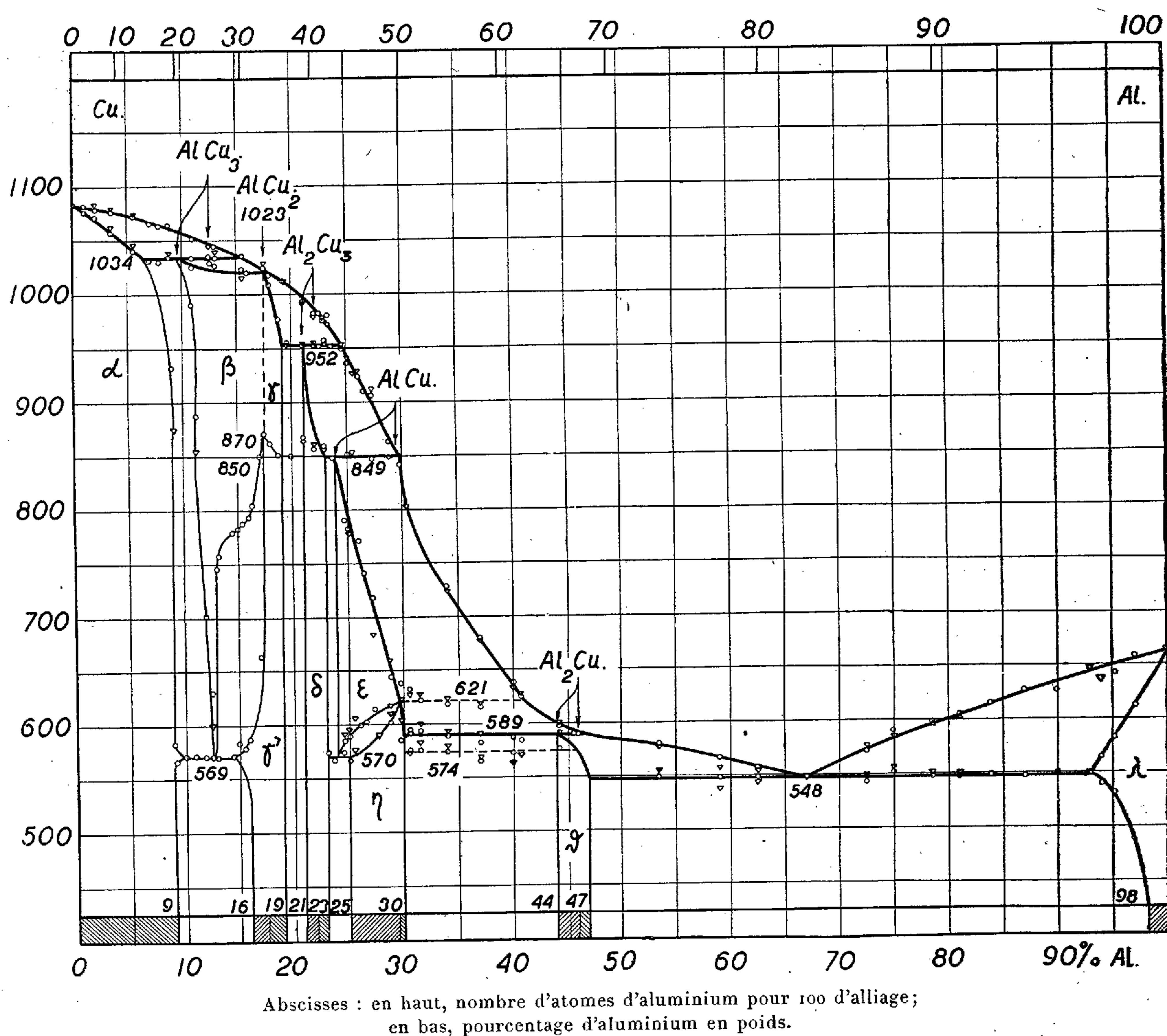
Le diagramme d'équilibre met en évidence cinq composés : $AlCu^3$, $AlCu^2$, Al^2Cu^3, AlCu et Al^2Cu, dont $AlCu^2$ se solidifie à la température constante de 1023°, tandis que les quatre autres se forment au-dessous de leurs lignes de transition respectives par l'action de la phase liquide sur la

---

([1]) Séance du 11 juillet 1938.

([2]) Broniewski, *Comptes rendus*, **149**, 1909, p. 853; *Ann. Chim. et Phys.*, **25**, 1912, p. 1.

solution solide péritectique. Ce mode de formation est parfaitement analogue à celui qui avait été indiqué par un de nous pour les composés des alliages cuivre-zinc (³).



Abscisses : en haut, nombre d'atomes d'aluminium pour 100 d'alliage; en bas, pourcentage d'aluminium en poids.

La solidification du composé $AlCu^3$ apparaît sur notre diagramme autrement que dans les travaux antérieurs. Ceci est dû probablement à

(³) Broniewski, *Revue de Métall.*, 33, 1936, p. 222; Broniewski, Jablonski et Maj, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 411.

ce que ces études ont été exécutées au refroidissement avec une vitesse ne permettant pas aux équilibres de s'établir. Le liquidus, qui marque faiblement, est sujet alors à la surfusion, ce qui rend parfois possible sa confusion avec la ligne de transition de 1034° et donne une apparence d'eutectique. Le mode péritectique de la formation de $AlCu^3$ peut être vérifié sur une filiation cuivre-aluminium, trempée vers 1000° où la présence d'aucun eutectique ne se manifeste.

Les composés $AlCu^2$, AlCu et Al^2Cu subissent des transformations allotropiques. Celle de $AlCu^2$, à 870°, paraît avoir pour effet la dissociation du composé $AlCu^3$, vers 569°, de même que la transformation allotropique du zinc a pour effet la dissociation du composé Al^2Zn^3 (4). La transformation de AlCu, à 621°, a pour conséquence la formation, à 570°, d'un eutectoïde analogue à la perlite. Enfin, la transformation de Al^2Cu, à 574°, est accompagnée d'un changement de volume, produisant de nombreuses craquelures dans l'échantillon.

Comme une étude détaillée des propriétés physiques des alliages cuivre-aluminium, qui paraîtra dans un autre Recueil, nous a permis de constater la présence du composé $AlCu^2$, en plus des quatre autres, mis en évidence précédemment, on peut admettre pour les alliages cuivre-aluminium une concordance parfaite entre les résultats de l'étude des propriétés physiques et ceux de l'analyse thermique.

MÉTALLURGIE. — *Quelques conséquences du procédé de dégazage des métaux à la température ordinaire*. Note de MM. **Georges Chaudron**, **Albert Portevin** et **Léon Moreau**, transmise par M. Charles Mauguin.

Nous nous étions efforcés (1) d'élucider le rôle de l'hydrogène dans les métaux déposés électrolytiquement ou chargés en hydrogène par électrolyse.

Pour cela nous avions mesuré les paramètres cristallins, la dureté et la résistivité de ces métaux, et comparé ces caractéristiques avec celles obtenues à l'état dégazé à froid que l'on peut réaliser grâce à la méthode d'extraction par bombardement ionique dans le vide, décrite précédemment (2).

(4) Broniewski, Kucharski et Winawer, *Revue de Métall.*, 34, 1937, p. 449.

(1) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1252.

(2) Léon Moreau, Georges Chaudron et Albert Portevin, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 212.

Nous avons opéré sur le fer et l'aluminium, pour lesquels le dégazage à froid est lent tout en fournissant des quantités de gaz nettement supérieures à celles obtenues par extraction dans le vide à chaud. Le recuit du métal dégazé n'amène que des variations de paramètre cristallin de quelques millièmes d'Angström, ce qui est au voisinage de la limite de sensibilité des mesures dans la technique actuelle des rayons X.

Aussi nous avons cru nécessaire de confirmer les résultats obtenus et les conclusions qui en résultent, en nous adressant cette fois à des métaux, tels que le palladium et le tantale, ne présentant pas ces particularités et difficultés.

Pour ceux-ci en effet, il y a d'une part concordance entre les quantités de gaz extraites à froid par bombardement et celles obtenues par simple chauffage dans le vide et, d'autre part, il en résulte des variations du paramètre cristallin plus importantes.

En outre, la perte de gaz par bombardement ionique est bien plus rapide; au point qu'avec le palladium, la pression augmentant, le bombardement devient violent et l'échantillon s'échauffe anormalement, de sorte qu'on doit enrouler le fil de palladium étudié sur un bloc d'aluminium dégazé, ou bien insérer le lingot dans une gaine d'aluminium; ce qui diminue la densité du bombardement ionique tout en accroissant la masse conductrice métallique : dans ces conditions la température reste inférieure à 100°. Le tableau I résume nos mesures.

TABLEAU I.

Traitement du palladium.	Rapport des résistivités.	Paramètre cristallin a (en Å).	Dureté Brinnell.
Palladium pur recuit.................	1	3,882	45
» phase β..................	1,69	4,020	77
» précédent dégazé.........	1,69	4,020	77
» précédent recuit à 600°....	1	3,882	45
» chargé phase α...........	1,45	3,885	170
» précédent dégazé.........	1,45	3,885	170
» précédent recuit à 600°....	1	3,882	45

On constate que, dans la phase β du palladium, la présence d'hydrogène a déterminé un accroissement de paramètre cristallin de plus de 0,1 Å entraînant une élévation de résistivité d'environ 70 pour 100 et de dureté Brinnell de l'ordre de 50 pour 100; mais le départ à froid du gaz maintient les choses en l'état, ces caractéristiques conservant leur valeur. Ce n'est

donc pas la présence de l'hydrogène qui en est la cause immédiate, mais la perturbation du réseau qu'il a provoquée déterminant un état hors d'équilibre cristallin qui disparaît grâce à la mobilité atomique obtenue par recuit. Ce qui confirme entièrement nos premières conclusions, mais cette fois avec une précision expérimentale bien supérieure.

Nous avons obtenu les mêmes résultats avec le tantale et avec la phase α du palladium (voir tableau I), mais la variation du paramètre n'est que de l'ordre de 0,001 Å; de sorte que si les variations de dureté et de résistivité sont liées à la déformation du réseau et non à la présence d'hydrogène, l'amplitude de la variation du paramètre n'est nullement en rapport avec celle de ces caractéristiques physiques (tableau II).

Tableau II.

Métal.	Variation du paramètre a (en Å).	Variation de résistivité (en pour 100).	Variation de dureté (en pour 100).
Palladium phase β	3,882 à 4,020	69	48
» α	3,882 à 3,885	45	266
Tantale	3,296 à 3,3024	–	–

Dans tous les cas, le recuit permet de retrouver les valeurs initiales avant absorption d'hydrogène.

Ces résultats montrent, en outre, tout l'intérêt du procédé de dégazage à froid qui fournit le moyen de séparer les deux opérations, départ des gaz et restauration du réseau par recuit. Cela permet, notamment, l'examen de l'influence de l'écrouissage et du courant électrique par rapport à l'attitude vis-à-vis des gaz : absorption et diffusion. En particulier la vitesse de diffusion à froid peut être étudiée en mettant à profit l'expérience consistant à soumettre au bombardement ionique l'extrémité d'un fil ou d'une lame métallique dont l'autre extrémité est placée dans l'hydrogène, déterminant ainsi un courant gazeux à froid par diffusion dans un conducteur métallique (3).

CHIMIE MINÉRALE. — *Aluminium actif obtenu par électrolyse ignée.* Note de MM. **André Chrétien** et **Jean Bisch**, transmise par M. Georges Urbain.

Dans le but d'obtenir de l'aluminium actif en vue de la fixation de l'azote à une température aussi basse que possible, nous avons effectué

(3) Léon Moreau, *Thèse*, Lille, 1938, p. 55.

divers essais parmi lesquels l'amalgamation. Nous nous limitons ici à indiquer un résultat intéressant obtenu par amalgamation électrolytique.

L'électrolyte est un mélange fondu de bromure d'aluminium et de bromure de potassium dans le rapport moléculaire de 2 à 1. Ce mélange abandonne à la cristallisation le composé défini $2Br^3Al$, BrK qui fond avec congruence aux environs de 95°, d'après J. Kendall et collaborateurs [1]; d'autre part, W. Treadwell et H. Stearn [2] l'ont utilisé pour déterminer la tension de décomposition du bromure d'aluminium. L'anode est une baguette d'aluminium et la cathode est un bain de mercure. La solubilité de l'aluminium dans le mercure croît avec la température, très lentement jusqu'aux environs de 350° (4,5 mol-g Al pour 100 mol-g), puis rapidement; elle atteint 20,4 mol-g à 510° et 84,2 à 600° (J. de Gruyter) [3].

L'électrolyse est faite à 500°. Comme la température normale d'ébullition du bromure d'aluminium est voisine de 270°, il est nécessaire d'opérer sous pression; on prend de l'azote exempt d'oxygène. L'appareil comporte une bombe cylindrique en acier, à axe vertical, aménagée pour cette électrolyse : couvercle supportant l'anode, isolé de la masse, masse servant de contact cathodique, chemise de verre isolant l'électrolyte de la paroi de la bombe pour éviter le dépôt d'aluminium sur cette paroi, couvercle muni d'un tube plongeur en verre de silice adapté sur un robinet à pression pour permettre l'extraction, après électrolyse, du mercure sous l'effet de la pression, un réfrigérant à ailettes prolonge ce tube vers l'extérieur et le mercure se déverse dans un récipient à l'abri de l'humidité et de l'air, rempli d'hydrogène sous la pression ordinaire.

L'électrolyse utilise un courant continu de 2 ampères sous 30 volts et un volume de mercure de 50^{cm^3}. Elle est rapide. Après 1 heure de marche, le mercure est extrait de l'appareil et partagé en deux parties. L'une, en présence d'air soigneusement desséché, se recouvre d'une abondante couche d'alumine, en flocons très légers; l'autre, sous l'action de l'eau, abandonne immédiatement un dépôt d'alumine très divisée.

Nous avons donc obtenu par électrolyse du bromure d'aluminium fondu, rendu conducteur par addition de bromure de potassium, une séparation de l'aluminium. En opérant à 500°, du mercure servant de cathode permet de fixer l'aluminium et de le séparer ensuite sous une forme active, par simple dépression et refroidissement.

---

(1) J. Kendall, D. Crittenden et K. Miller, *J. Am. Chem. Soc.*, 45, 1923, p. 965.

(2) *Helv. Chim. Act.*, 7, 1924, p. 627.

(3) *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 44, 1925, p. 941.

1° L'électrolyse faite dans ces conditions est facile à conduire. Nous avions espéré opérer au voisinage de la température de fusion du mélange en compensant la très faible *solubilité* de l'aluminium dans le mercure à cette température (1,5 mol-g pour 100) par l'emploi d'un dispositif à cathode mobile. L'appareil réalisé fonctionne d'une manière parfaite. Mais la lenteur de l'opération (le mercure est séparé par distillation dans le vide) n'est pas en rapport avec l'efficacité du système. L'électrolyse à température élevée est bien préférable. Au cours de la distillation du mercure, nous avons observé un curieux entraînement de l'aluminium par la vapeur de mercure.

2° Le bromure d'aluminium est préparé par union directe des deux corps simples : addition progressive de brome liquide à un excès de petites plaques d'aluminium contenues dans un ballon surmonté d'un réfrigérant. Lorsque tout le brome est ajouté, on chauffe à ébullition (270° environ) pendant 1 heure. Le produit fondu est alors incolore; on le fait passer par distillation à l'abri de l'humidité dans l'appareil à électrolyse.

Nous avons essayé d'opérer la synthèse du bromure d'aluminium au sein d'un liquide organique; le choix de ce dernier est d'ailleurs assez limité, puisque le bromure d'aluminium forme des composés d'addition avec la plupart de ces solvants. De plus, des phénomènes perturbateurs interviennent généralement, qui semblent dus à une action catalytique du bromure d'aluminium; par exemple formation de bromobenzène, apparition d'un produit résineux et de chlorure d'aluminium dans le cas du tétrachlorure de carbone.

3° Signalons la possibilité d'obtenir de l'aluminium actif supporté par du bromure de potassium en réalisant l'électrolyse du mélange fondu $2\,Br^3Al + BrK$ sous la pression normale avec une cathode de mercure. Après épuisement du mélange en bromure d'aluminium, le bromure de potassium est devenu gris; les cristaux obtenus par refroidissement mis en présence d'eau donnent un dégagement d'hydrogène alors que la solution ne manifeste aucune réaction alcaline. Ce dégagement gazeux résulte de la présence d'aluminium très divisé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des organomagnésiens mixtes sur les N-acyl-N'-phényl-hydrazines*. Note de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

J'ai montré (¹) que les phénylhydrazones des aldéhydes fixent une molécule d'organomagnésien sur le groupe $C=N$ alors que, dans les mêmes conditions, les phénylhydrazones des cétones ne réagissent pas.

Il était intéressant d'étudier le comportement des N-acyl-N'-phénylhydrazines vis-à-vis du réactif de Grignard, ce qui n'avait pas encore été tenté.

(¹) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1289; **204**, 1937, p. 503 et 1262.

Ayant constaté que les N-acyl-N′-phényl-hydrazines ne se condensent pas avec les organomagnésiens mixtes en milieu éthéré, j'ai dû recourir à un mode opératoire identique à celui utilisé dans le cas des phénylhydrazones des trialcoylacétophénones (chauffage des N-acyl-N′-phénylhydrazines avec un grand excès de magnésien vers 116°-120° de 7 à 12 heures).

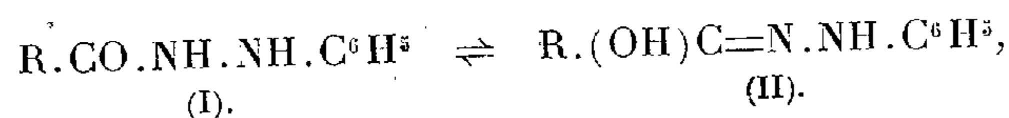
La N-formyl-N′-phényl-hydrazine condensée avec le C^6H^5MgBr fournit principalement de la benzophénone et en très petites quantités de la benzophénone-phénylhydrazone et de la benzophénone-anile.

La N-acétyl-N′-phényl-hydrazine traitée par le même magnésien donne de l'α-phényl-indol et, en très petites quantités, de l'acétophénone-phénylhydrazone et de l'acétophénone.

Enfin, par l'action du C^6H^5MgBr sur la N-benzoyl-N′-phényl-hydrazine, il se forme de la benzophénone-phénylhydrazone, de la benzophénone-anile, de la benzophénone-imine et de la benzophénone (²).

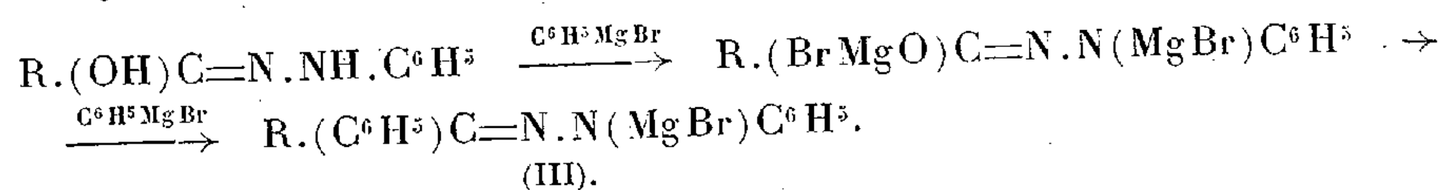
Dans tous les cas on obtient, à côté de la matière première qui n'a pas réagi, de l'aniline et une très petite quantité de phénylhydrazine.

En supposant que les deux formes (I) et (II) sous lesquelles les N-acyl-N′-phényl-hydrazines peuvent exister en solution soient en équilibre selon le schéma



$$\underset{(I).}{R.CO.NH.NH.C^6H^5} \rightleftharpoons \underset{(II).}{R.(OH)C{=}N.NH.C^6H^5},$$

il est possible de représenter l'action des organomagnésiens mixtes sur les N-acyl-N′-phényl-hydrazines par un autre schéma



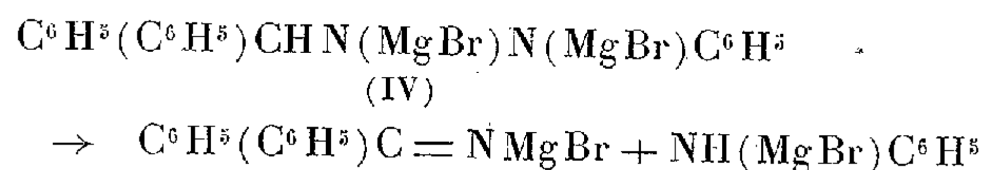
$$R.(OH)C{=}N.NH.C^6H^5 \xrightarrow{C^6H^5MgBr} R.(BrMgO)C{=}N.N(MgBr)C^6H^5 \rightarrow$$
$$\xrightarrow{C^6H^5MgBr} \underset{(III).}{R.(C^6H^5)C{=}N.N(MgBr)C^6H^5}.$$

Comme il a été indiqué pour l'action des organomagnésiens sur les phénylhydrazones des cétones et des aldéhydes, le complexe (III) fournit au cours de la réaction les substances précitées (aniline, phénylhydrazine, α-phényl-indol, benzophénone-anile).

En ce qui concerne la formation de la benzophénone au cours du traitement de la N-formyl-N′-phényl-hydrazine par le C^6H^5MgBr, on peut admettre qu'elle provient de la benzophénone-phénylhydrazone, formée

(²) On trouve également un peu de benzoyl-phényl-diimide provenant de l'oxydation de la matière première en présence du C^6H^5MgBr.

elle-même par oxydation de la N-benzhydryl-N'-phényl-hydrazine (IV), et par dissociation de cette dernière de la façon suivante :



$$C^6H^5(C^6H^5)CHN(MgBr)N(MgBr)C^6H^5 \quad (IV)$$
$$\rightarrow C^6H^5(C^6H^5)C=NMgBr + NH(MgBr)C^6H^5$$

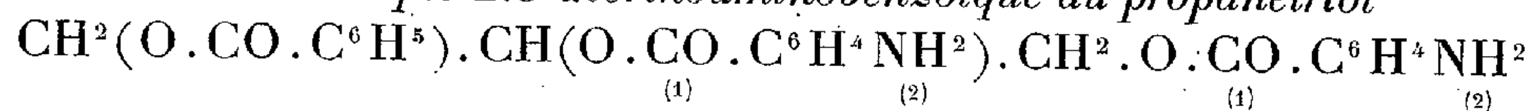
la benzophénone-imine fournissant, au cours des traitements des produits de la réaction, la benzophénone.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques éthers aminobenzoïques du propanetriol.* Note [1] de M. **René Jacquemain** et de M[lle] **Georgette Devillers**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons indiqué [2] comment nous avions pu réduire un certain nombre d'éthers nitrobenzoïques de l'éthanediol et du propanediol pour obtenir les éthers aminobenzoïques correspondants; poursuivant nos recherches, nous avons réduit un certain nombre d'éthers 1-benzoïque 2.3-nitrobenzoïques et trinitrobenzoïques du propanetriol (glycérol).

Les éthers trinitrobenzoïques du propanetriol ont été hydrogénés dans l'éther acétique suivant la technique précédemment décrite.

1° *Éther 1-benzoïque 2.3-diorthoaminobenzoïque du propanetriol*



$$CH^2(O.CO.C^6H^5).CH(O.CO.\underset{(1)}{C^6H^4}\underset{(2)}{NH^2}).CH^2.O.CO.\underset{(1)}{C^6H^4}\underset{(2)}{NH^2}$$

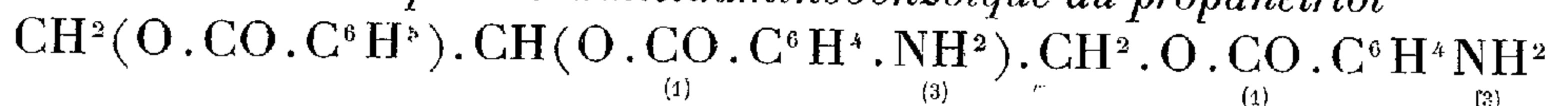
Cristaux jaunâtres, F. 96°. Très solubles dans l'acétone et le chloroforme à froid, dans le benzène, l'éther, l'éther acétique. Solubles dans l'alcool. Insolubles dans l'éther de pétrole.

Calculé pour $C^{24}H^{22}O^6N^2$, N % 6,45. Trouvé N % 6,61.

Chlorhydrate, poudre cristalline jaune, F. 173-176°.

Bromhydrate, F. 200° avec décomposition.

2° *Éther 1-benzoïque 2.3-dimétaaminobenzoïque du propanetriol*



$$CH^2(O.CO.C^6H^5).CH(O.CO.\underset{(1)}{C^6H^4}.\underset{(3)}{NH^2}).CH^2.O.CO.\underset{(1)}{C^6H^4}\underset{(3)}{NH^2}$$

Poudre jaune. F. 88°. Très soluble dans l'acétone à froid, le chloroforme, l'éther acétique. Soluble dans l'alcool, l'éther, le benzène. Insoluble dans l'éther de pétrole.

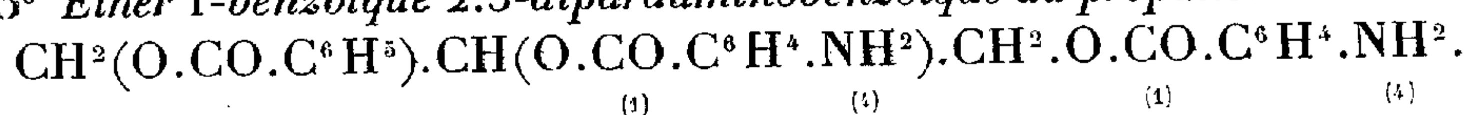
Calculé pour $C^{24}H^{22}O^6N^2$, N % 6,45. Trouvé N % 6,41.

---

(1) Séance du 11 juillet 1938.

(2) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1305.

3° *Éther* 1-*benzoïque* 2.3-*diparaaminobenzoïque du propanetriol.*



$$CH^2(O.CO.C^6H^5).CH(O.CO.\underset{(1)}{C^6H^4}.\underset{(4)}{NH^2}).CH^2.O.CO.\underset{(1)}{C^6H^4}.\underset{(4)}{NH^2}.$$

Petits cristaux jaunes. F. 138°. Très solubles dans l'acétone. Solubles dans le chloroforme, l'éther acétique, l'alcool. Peu solubles dans le benzène. Insolubles dans l'éther et l'éther de pétrole.

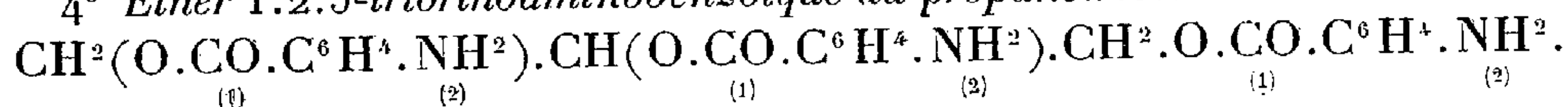
Calculé pour $C^{24}H^{22}O^6N^2$, N °/₀ 6,45. Trouvé N °/₀ 6,38.

Chlorhydrate, paillettes blanches. F. 214° avec décomposition.

Bromhydrate, poudre blanche. F. 210° avec décomposition.

Picrate, cristaux jaune d'or se décomposant vers 117°.

4° *Éther* 1.2.3-*triorthoaminobenzoïque du propanetriol.*



$$CH^2(O.CO.\underset{(1)}{C^6H^4}.\underset{(2)}{NH^2}).CH(O.CO.\underset{(1)}{C^6H^4}.\underset{(2)}{NH^2}).CH^2.O.CO.\underset{(1)}{C^6H^4}.\underset{(2)}{NH^2}.$$

Aiguilles blanches, rassemblées en houppes. F. 105°. Très solubles dans l'alcool, l'acétone, l'éther acétique, le chloroforme et le benzène. Solubles dans l'éther. Insolubles dans l'éther de pétrole.

Les solutions alcooliques et éthérées présentent une belle fluorescence bleue.

Calculé pour $C^{24}H^{23}O^6N^3$, N °/₀ 9,35. Trouvé N °/₀ 9,40.

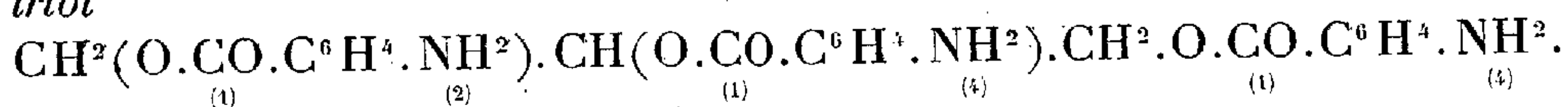
Chlorhydrate, cristaux rosés se décomposant vers 150°.

Bromhydrate, cristaux roses. F. 188°.

Iodhydrate, cristaux incolores très instables.

Picrate, aiguilles orangées F. 102°.

5° *Éther* 1-*orthoaminobenzoïque* 2.3-*diparaaminobenzoïque du propanetriol*

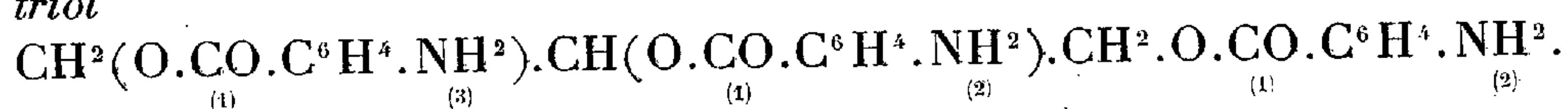


$$CH^2(O.CO.\underset{(1)}{C^6H^4}.\underset{(2)}{NH^2}).CH(O.CO.\underset{(1)}{C^6H^4}.\underset{(4)}{NH^2}).CH^2.O.CO.\underset{(1)}{C^6H^4}.\underset{(4)}{NH^2}.$$

Cristaux brun clair. F. 133°. Très solubles dans l'acétone et l'éther acétique. Solubles dans l'alcool et le chloroforme. Insolubles dans l'éther, le benzène, l'éther de pétrole.

Calculé pour $C^{24}H^{23}O^6N^3$, N °/₀ 9,35. Trouvé N °/₀ 9,42.

6° *Éther* 1-*métaaminobenzoïque* 2.3-*diorthoaminobenzoïque du propanetriol*

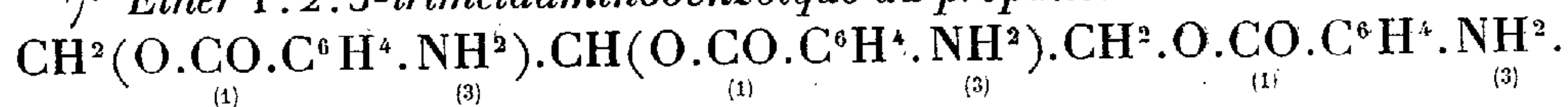


$$CH^2(O.CO.\underset{(1)}{C^6H^4}.\underset{(3)}{NH^2}).CH(O.CO.\underset{(1)}{C^6H^4}.\underset{(2)}{NH^2}).CH^2.O.CO.\underset{(1)}{C^6H^4}.\underset{(2)}{NH^2}.$$

Aiguilles blanches rassemblées en houppes. F. 115°. Très solubles dans l'acétone, l'éther acétique, le benzène, le chloroforme. Solubles dans l'alcool. Insolubles dans l'éther et l'éther de pétrole.

Calculé pour $C^{24}H^{23}O^6N^3$ N °/₀ 9,35. Trouvé N °/₀ 9,40.

7° *Éther* 1.2.3-*trimétaaminobenzoïque du propanetriol*

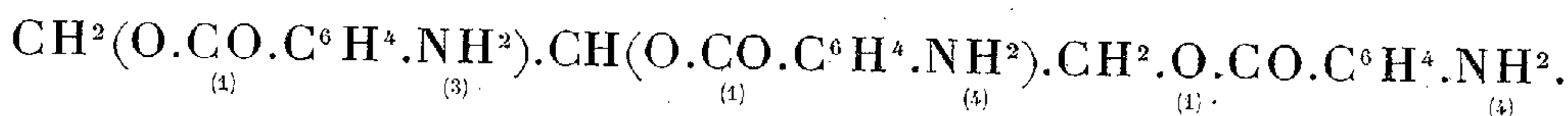


$$CH^2(O.CO.\underset{(1)}{C^6H^4}.\underset{(3)}{NH^2}).CH(O.CO.\underset{(1)}{C^6H^4}.\underset{(3)}{NH^2}).CH^2.O.CO.\underset{(1)}{C^6H^4}.\underset{(3)}{NH^2}.$$

Aiguilles jaunes rassemblées en houppes. F. 82°. Très solubles dans l'acétone, l'éther acétique, le chloroforme. Solubles dans l'alcool, le benzène. Insolubles dans l'éther et l'éther de pétrole.

Calculé pour $C^{24}H^{23}O^{6}N^{3}$, N%9,35. Trouvé N%9,39.

8° *Éther* 1-*métaaminobenzoïque* 2.3-*diparaaminobenzoïque du propanetriol*



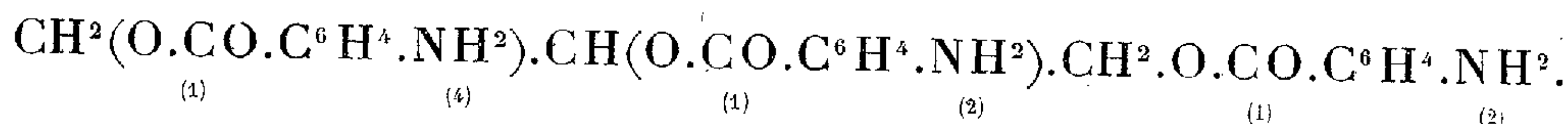
Cristaux jaunes. F. 171°. Très solubles dans l'acétone et l'éther acétique. Solubles dans l'alcool et le benzène. Peu solubles dans l'éther.

Insolubles dans l'éther de pétrole.

Calculé pour $C^{24}H^{23}O^{6}N^{3}$, N% 9,35. Trouvé N% 9,35.

Chlorhydrate, poudre cristalline rose. F. 200° avec décomposition.

9° *Éther* 1-*paraaminobenzoïque* 2.3-*diorthoaminobenzoïque du propanetriol.*



Aiguilles jaunes assemblées en houppes. F. 109°. Très solubles dans l'acétone, le chloroforme et l'éther acétique. Solubles dans l'alcool et le benzène. Insolubles dans l'éther et l'éther de pétrole.

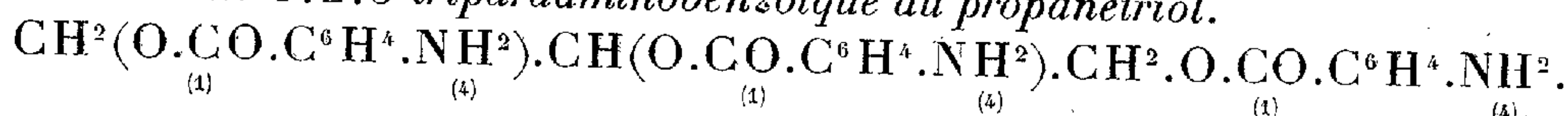
Calculé pour $C^{24}H^{23}O^{6}N^{3}$, N % 9,35. Trouvé N % 9,42.

Chlorhydrate, poudre blanche. F. 175-180° avec décomposition.

Bromhydrate, poudre rose se décomposant vers 200°.

Iodhydrate, cristaux bruns instables se décomposant vers 150°.

10° *Éther* 1.2.3-*triparaaminobenzoïque du propanetriol.*



Petits cristaux bruns. F. 168°. Très solubles dans l'éther acétique, l'acétone. Solubles dans l'alcool. Peu solubles dans le chloroforme. Insolubles dans l'éther, le benzène et l'éther de pétrole.

Calculé pour $C^{24}H^{23}O^{6}N^{3}$, N % 9,35. Trouvé N % 9,55.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Isolement d'un produit intermédiaire dans l'isomérisation catalytique du dipropénylglycol.* Note de MM. **Louis Martineau** et **Joseph Wiemann**, transmise par M. Robert Lespieau.

L'un de nous (Martineau, *Thèse*, Lille, 1936) a montré que l'on pouvait abaisser considérablement les températures de déshydrogénation cata-

lytique des alcools en prenant comme catalyseur du cuivre déposé sur un support convenable. Nous avons essayé de généraliser ces résultats sur des composés présentant, à côté de la partie alcool, d'autres fonctions, celles-ci pouvant rester inaltérées si la température est suffisamment basse. Nous espérons ainsi obtenir des produits relativement peu stables pouvant présenter des propriétés nouvelles et permettant d'expliquer le mécanisme de certaines réactions.

Nos essais ont porté sur des glycols substitués; voici ce que nous a donné le dipropénylglycol.

La décomposition catalytique sur cuivre ou alumine vers 300° a été faite par Urion (*Thèse*, Paris, 1933), qui obtint de nombreux produits intéressants parmi lesquels du dibutyryle en faible quantité.

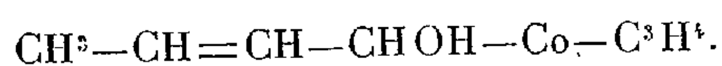
Avec un catalyseur convenablement préparé (le cuivre ayant été déposé sur thorine) nous avons pu constater que la vapeur de dipropénylglycol commence à se transformer vers 90° et donne vers 130° 50 pour 100 environ de dibutyryle dont voici les constantes : Eb_{17} 65°; D_4^{18} 0,909; n_D^{18} 1,408; son spectre Raman, obtenu par excitation avec la raie 5460, ou l'absorption dans le bleu, présente les raies suivantes :

280 (0), 1404 (1), 1452 (4), 1725 (5).

En opérant vers 110°, nous avons pu obtenir à côté du dibutyryle, et avec un rendement de 30 à 40 pour 100, un corps ayant même formule brute $C^8H^{14}O^2$ (C °/₀ 67,6; H °/₀ 10,1 pour 67,6 et 9,9 théorique). Son spectre Raman était formé des raies suivantes :

288 (0), 323 (0), 887 (1), 1041 (3), 1103 (0), 1210 (2), 1249 (1), 1305 (6), 1382 (3), 1452 (7), 1637 (3), 1669 (5), 1716 (4).

La présence des raies correspondant aux fréquences des liaisons cétoniques et éthyléniques, laissait supposer que nous étions en présence du corps



$$CH^3—CH=CH—CHOH—CO—C^3H^7.$$

Urion (*loc. cité*) avait émis l'hypothèse que ce composé se formait intermédiairement dans ses catalyses.

Le corps obtenu, un liquide incolore, avait les constantes suivantes : Eb_{13} 91°; D_{23} 0,9426; n_D^{23} 1,4485, ce qui donne R.M. 40,37 au lieu de 40,21 calculé.

Néanmoins, nous sommes en présence de deux raies éthyléniques : l'une à 1669 est identique à celle du dipropénylglycol et correspond à une

liaison éthylénique *trans*, l'autre à 1637, correspond à une double liaison en bout de chaîne; nous nous trouverions donc en présence de deux isomères. Pour éclaircir ce point, nous avons entrepris un travail semblable sur le divinylglycol, et sur les glycols R—CHOH—CHOH—R', α, α' diéthyléniques diasymétriques dont l'un de nous (¹) a fait la synthèse.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la faune microscopique des sédiments de la fosse de Cap-Breton.* Note de MM. **Pierre Marie** et **André Millardet**, présentée par M. Lucien Cayeux.

Au cours de l'été 1935, le navire hydrographe *Président-Théodore-Tissier* a récolté, dans la fosse de Cap-Breton, un assez grand nombre d'échantillons de sédiments, remarquables par l'abondance et la variété de la faune microscopique dont ils contenaient les restes. Une vase argilosableuse, provenant de la partie orientale de la fosse (Station n° 530), a été fractionnée au Laboratoire Maritime de Biarritz, à l'aide des procédés et du matériel décrits par M. P. Urbain (¹), et les Foraminifères qui en ont été extraits ont été étudiés au Laboratoire de Géologie du Muséum d'Histoire Naturelle. La composition de cette faunule est la suivante :

1. Verneuilinidés. — *Gaudryina pupoides* d'Orb.
2. Valvulinidés. — *Martinitiella communis* d'Orb.
3. Miliolidés. — *Pyrgo murrhina* Schwag; *P. bolloides* d'Orb.; *Triloculina sp.; Tr. trigonula* Lamk.; *Quinqueloculina sp.*; *Spiroloculina limbata* d'Orb.
4. Lagénidés. — *Robulus sp.; Lenticulina variabilis* Reuss; *Nodosaria scalaris* Batsch; *Nod. cf. inflexa* Reuss; *Dentalina communis* d'Orb.; *Lingulina seminuda* Hantk.; *Pseudoglandulina sp.; Ps. cf. lævigata* d'Orb.; *Ps. rotondus* Reuss; *Lagena lævis* Mont.; *L. orbignyana* Seguenza.
5. Hétérohélicidés. — *Bolivinita quadrilatera* Schwag.
6. Buliminidés. — *Bolivina canarianensis* d'Orb.; *Bol. dilatata* Reuss; *Bol. punctata* d'Orb.; *Bol. pygmæa* Brady; *Bol. cf. robusta* Brady; *Bulimina sp.*; *Bul. affinis* d'Orb.; *Bul. elongata* d'Orb.; *Bul. inflata* Seguenza; *Uvigerina sp.; Uv. pygmæa* d'Orb.; *Trifarina Bradyi* Cush.
7. Rotalidés. — *Giroidina sp.*; *Eponides repandus* F. et M.; *Rotalia Dutemplei* d'Orb.; *Epistomina elegans* d'Orb.
8. Anomalinidés. — *Cibicides lobatulus* Walk.-Jacob; *Cibicidella variabilis* Brady.

(¹) J. Wiemann, *Ann. de Chim.*, 11ᵉ série, 5, 1936, p. 267.

(¹) *Introduction à l'étude des roches argileuses,* Chap. V, p. 73.

9. Chilostomellidés. — *Pullenia sphæroides* d'Orb.

10. Globigérinidés. — *Globigerina bulloides* d'Orb.; *Gl. inflata* d'Orb.; *Globigerinoides rubra* d'Orb.; *Orbulina universa* d'Orb.; *Globigerinella æquilateralis* Brady; *Sphæroidinella sp.*

11. Globorotalidés. — *Globorotalia tumida* Brady; *Glob. aff. micheliniana* d'Orb.

Parmi les Miliolidés, les espèces planctoniques présentent un nombre d'individus notablement supérieur à celles des autres groupes, qui se répartissent comme suit : sept espèces planctoniques, vingt-six espèces nectoniques, sept espèces benthoniques à test calcaire et seulement deux espèces benthoniques à test agglutiné. Une telle répartition des espèces permet de penser que cette faune, dont tous les individus sont de dimensions normales, est adaptée à la vie dans une zone franchement ouverte aux influences du large, sur un fond pauvre en éléments nutritifs et dans des eaux assez agitées, tempérées ou même chaudes.

En effet, abstraction faite des Miliolidés et de quelques Globigérinidés déjà reconnus par Munier-Chalmas et Schlumberger à la suite des campagnes du *Travailleur*, la plupart des espèces énumérées sont nouvelles pour cette région de nos côtes. Parmi elles *Trifarina Bradyi* est assez rare; *Bolivinata quadrilatera* n'était connu qu'au voisinage des côtes américaines de l'Atlantique. Enfin *Globigerinoides rubra* est représentée ici par des individus complètement incolores, alors que cette espèce est généralement d'un rose vif dans les eaux plus chaudes de l'Océan.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude anatomique et cytologique des modifications provoquées par le mélange obtenu d'une substance organo-formative et de la colchicine.* Note (1) de MM. **Théodore Solacolu, Démètre Constantinesco** et Mme **Marguerite Constantinesco**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

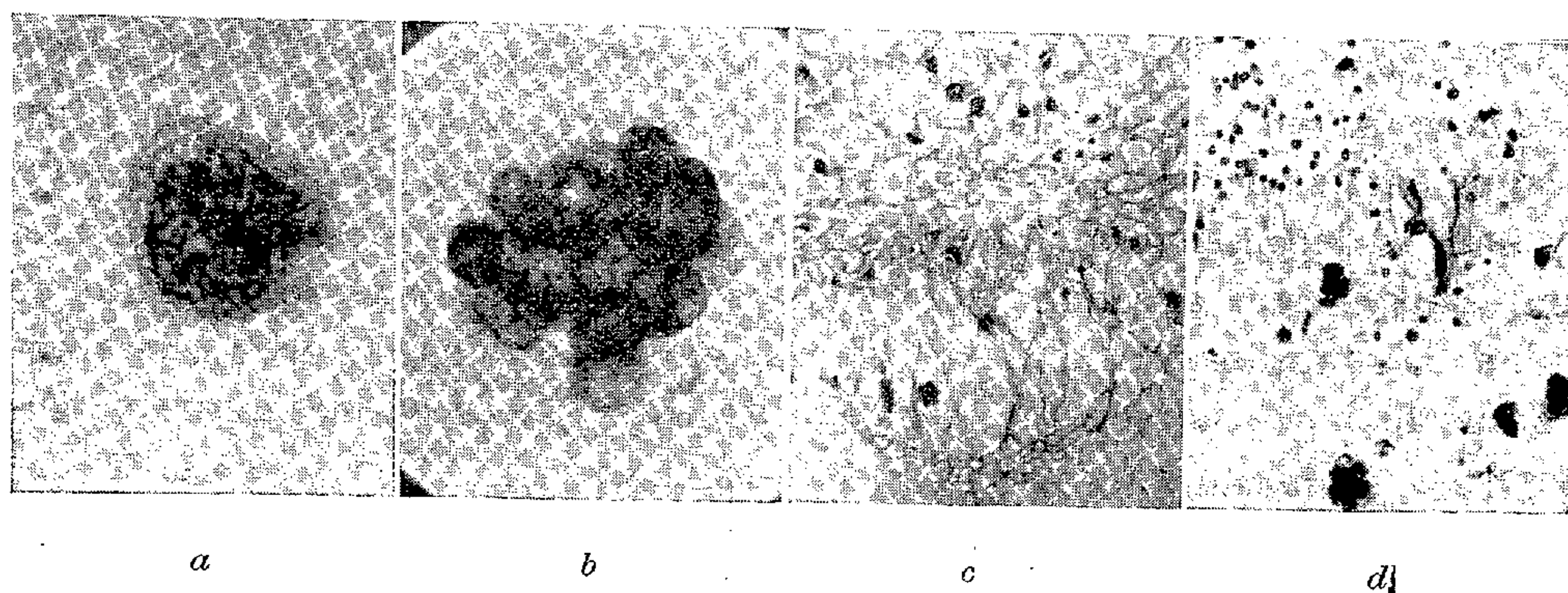
Nous avons montré (2) l'action des diverses substances organo-formatives sur les tiges décapitées de *Vicia faba* L. Dans la présente Note, nous décrivons les modifications anatomo-cytologiques produites sur le même matériel, d'une part par la colchicine et d'autre part par un mélange de colchicine et d'acide β-indolyl-propionique, incorporés dans la lanoline.

---

(1) Séance du 11 juillet 1938.

(2) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1985.

I. Par badigeonnage de la surface de section avec pâte contenant seulement de la *colchicine* en concentration, soit de $0^g,25$, soit de $0^g,50$ pour 100, les tiges décapitées de *Vicia faba* L. n'ont présenté même après trente jours de contact aucune modification extérieure. Par contre, l'examen microscopique, fait à différentes époques pendant l'expérience, a montré que cet alcaloïde arrête complètement la division des cellules méristématiques et que la structure anatomique reste identique à ce qu'elle était au début. Les cellules de ces méristèmes présentent des noyaux lobés, très grands, mesurant en moyenne 21^μ contre 5 ou 6^μ pour ceux des témoins. Chaque noyau présente deux lobes et plus rarement trois ou quatre, la substance chromatique est dispersée et tous les noyaux lobés sont formés de petits grains (*fig. a*). En examinant les zones d'action de la colchicine,



Cliché représentant les modifications subies par les cellules sous l'action de la colchicine (*a*) et sous l'action du mélange (*b-d*).

nous avons pu constater deux régions nettement distinctes : *a*, une région se trouvant au contact immédiat de la pâte et ayant environ 1^{mm} d'épaisseur; *b*, une région s'étendant au delà de la première et mesurant $3\text{-}4^{mm}$ d'épaisseur. Dans la région *a*, se trouvant sous l'action directe de la pâte, nous avons observé que les noyaux des cellules de tous les tissus, sauf ceux de la moelle, présentent les modifications décrites. Dans la région *b*, se trouvant au-dessous de la précédente, les déformations nucléaires se limitent aux cellules méristématiques.

II. *Cas de l'acide β-indolyl-propionique mélangé à la colchicine.* — En enduisant les tiges décapitées de *Vicia faba* L. avec la pâte préparée par un mélange de colchicine et d'acide β-indolyl-propionique à parties égales ($0^g,25$ ou $0^g,50$ pour 100), nous avons obtenu le renflement de la région sectionnée sur une distance d'environ 10^{mm}. Ces renflements sont identiques

à ceux obtenus dans des expériences semblables, conduites avec de l'acide β-indolyl-propionique.

L'examen microscopique nous a montré que ces renflements présentent deux zones distinctes de modifications :

a. Une région superficielle ($1\text{-}3^{mm}$ environ), dont la structure anatomique reste identique à celle qui était au moment de l'application de la pâte; le fonctionnement des méristèmes est complètement arrêté, de même que dans le cas de la colchicine. Par contre, les modifications cytologiques diffèrent beaucoup par rapport à celles provoquées par la colchicine seule; en effet, on constate l'allongement radial exagéré (*fig. c*) du cambium et des portions péricycliques situées en face des faisceaux. Alors que les noyaux étaient lobés dans le cas de la colchicine seule, dans le cas du mélange, les lobes sont beaucoup plus nombreux et la plupart d'entre eux s'individualisent, donnant naissance à des cellules polynucléaires (*fig. b*). Ces noyaux qui ne présentent jamais de figures caryocinétiques sont en grande partie vacuolisés, leur chromatine étant disposée en réseau pariétal et, dans la dépression vacuolaire, on observe des nucléoles qui eux aussi sont parfois très agrandis. Ce phénomène de polynucléose rappelle ce qu'on constate lors de la formation des galles ou dans les processus d'infection de la cellule végétale par les différents agents pathologiques (Bactéries, Champignons).

b. Une deuxième région caractéristique s'étend sous la première sur une distance de $5\text{-}7^{mm}$; elle présente une exagération du développement du méristème libéro-ligneux, ayant donc un aspect anatomique semblable à celui des modifications provoquées par l'acide-β-indolyl-propionique. Les cellules des tissus de toute cette région possèdent des noyaux normaux. Nous devons mentionner toutefois que les divisions caryocinétiques s'observent seulement dans les premiers stades de l'évolution de la tumeur.

La transition d'une zone (*a*) à l'autre (*b*) se fait brusquement (*fig. d*). Cela nous fait croire que la colchicine a un rayon de pénétration plus court que l'acide β-indolyl-propionique.

Il ressort donc de nos recherches les conclusions suivantes :

1° La *colchicine* arrête complètement les divisions caryocinétiques provoquant une hypertrophie des noyaux qui deviennent géants et lobés. Cette action se limite seulement aux régions méristématiques.

2° *Le mélange des deux substances :* acide β-indolyl-propionique et colchicine, provoque la formation de tumeurs chez les tiges décapitées de *Vicia faba* L. Ces tumeurs présentent deux zones bien distinctes : une

zone supérieure avec action prédominante de la colchicine et dans laquelle on trouve des cellules polynucléées et exemptes de figures caryocinétiques; une zone inférieure influencée surtout par l'acide β-indolyl-propionique, mais où cependant les méristèmes radiculaires manquent complètement et les caryocinèses sont moins nombreuses.

3° La pénétration de la colchicine administrée sous forme de mélange est beaucoup plus faible par rapport à celle de l'acide indolyl-propionique.

BIOLOGIE FLORALE. — *Anomalies florales de* Laburnum vulgare *Grieseb.* Note [1] de Mme **Lucienne Lavier-George**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Les *Laburnum* dont j'ai décrit ici les variations dans l'organisation des folioles [2] présentent aussi de très nombreuses variations dans l'organisation des fleurs.

Les fleurs anormales sont insérées isolément ou par deux ou trois sur des rameaux de deux à trois ans, à l'aisselle d'une feuille de petite taille, ou bien elles font partie d'une grappe. Leur localisation et leur fréquence dans l'inflorescence ne présentent aucune régularité; les fleurs anormales, comme d'ailleurs les feuilles, n'obéissent pas à la loi de périodicité.

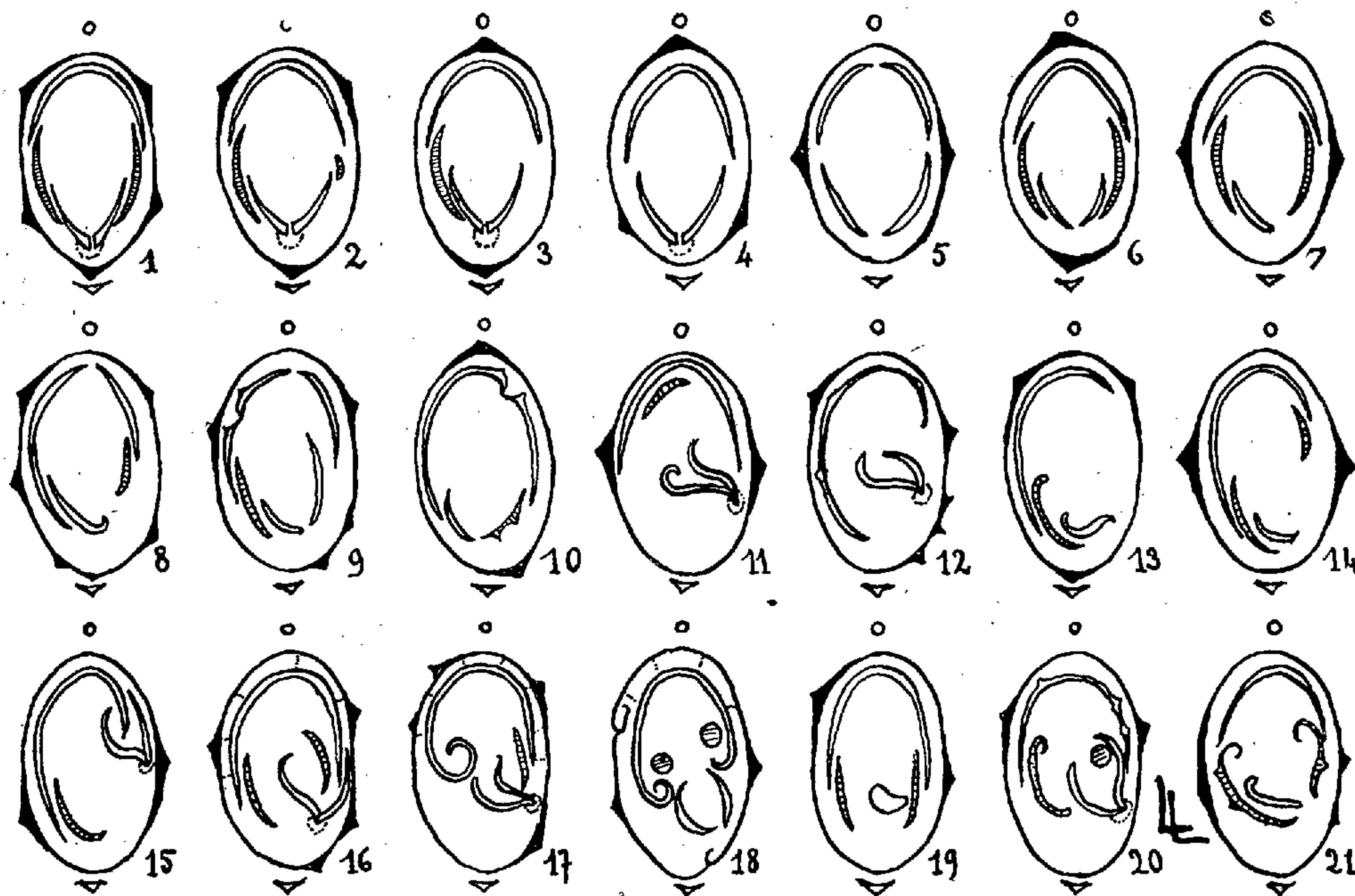
L'étendard reste toujours présent : en une pièce normale (2, 3, 4, 6, 7, 11, 19, 21), en une pièce dissymétrique (13, 14, 15), en une pièce bilobée ou trilobée (10, 12, 20), en une pièce, en position normale ou à bords recourbés vers l'intérieur, soudée à l'extrémité distale du calice (16, 17, 18), en deux pièces symétriques (5), dissymétriques (8) ou dont l'une est bilobée (9).

La carène est aussi toujours présente, mais au lieu que, comme c'est la normale, les deux pièces qui la constituent soient soudées et semblables (2, 3, 4), elles peuvent être séparées, divergentes, symétriques (5, 6) ou asymétriques et déviées, tordues vers la gauche (9-18), ou réduites à une seule pièce toujours plus ou moins déviée dans le même sens (7, 8, 10, 13, 14, 21), ou formées de deux pièces soudées tordues tournant vers la gauche (11, 12, 15, 16, 17, 20) ou enfin en ascidie (19).

Les ailes sont normales (6, 7, 19), ou bien l'une est atrophiée ou même

(1) Séance du 11 juillet 1938.
(2) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1988.

disparaît (2, 3). Très souvent les deux ailes disparaissent, la carène et l'étendard restant normaux (4) ou bien ces deux pièces étant complètement dialysées (5). Dans les fleurs tordues, l'aile ou les deux ailes peuvent être simples (8, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 20) ou bilobées (10) ou bilobées



1, périanthe normal; 2-21, périanthes anormaux. Les ailes sont hachurées. Les cercles (18, 20) représentent des ailes en ascidie, l'ovale (19) une carène en ascidie.

enroulées (21); il peut y avoir atrophie des deux ailes (12) ou une seule aile, opposée à l'étendard (11); enfin les deux ailes peuvent être ascidiomorphes (18) ou une seule (20).

En résumé, les caractères anormaux résident :

1° dans la *dialyse totale* de l'étendard et surtout de la carène, et dans la *dialyse partielle* de l'étendard, d'une des deux pièces de la carène, d'une ou des deux ailes;

2° dans l'*atrophie* ou la *disparition totale* d'une ou des deux ailes, ou d'une pièce de la carène;

3° dans la *torsion* de la fleur; la carène peut faire avec l'axe un angle pouvant atteindre 45°, les autres pièces suivant le mouvement, mais pas avec la même intensité. Il en résulte une torsion générale de la fleur par gauchissement en vortex du plan de symétrie, toujours de la droite vers la

gauche. Or il existe normalement un faible développement de la carène vers la gauche chez beaucoup de *Lathyrus*; la torsion de l'étendard est normale chez *Phaseolus multiflorus*, ainsi que l'asymétrie de la carène chez de nombreuses Phaséolées exotiques. Il faut noter aussi une tendance à l'emboîtement de l'étendard (15), de l'étendard et d'une aile (20) dans la carène rappelant la disposition réalisée normalement et symétriquement chez les Césaslpiniées et rapprocher aussi de ce groupe la réduction des pétales.

Dans toutes ces fleurs, le calice présente un nombre de pointes très variable, sans aucun rapport avec les anomalies de la corolle, mais il faut noter parfois la soudure de l'étendard au bord libre des sépales. De plus les étamines et les écarpelles sont normaux et fertiles, mais il ne m'est pas possible de dire actuellement si les anomalies du périanthe sont transmissibles héréditairement.

BOTANIQUE. — *Bryologie et Phytogéographie*. Note (1) de M. **Roger-Guy Werner**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

Nous avons résumé (2) nos recherches relatives à l'incorporation des Lichens dans l'ensemble du tableau phytogéographique méditerranéen sur la base des étages de végétation de L. Emberger (3). Chaque étage est caractérisé non seulement par certaines Phanérogames, mais aussi par des Lichens dont nous avons donné la répartition pour le Maroc et pour l'aire méditerranéenne :

Acarospora reagens et des *Heppia* (étage aride). *Acarospora Laqueata* et *Caloplaca inspersa* (étage semi-aride), *Lecidea advena, Acarospora complanata, Verrucaria marmorea* et *Aspicilia polychroma-polychromoides* (étage subhumide), *Parmelia contorta, Parmelia Jacquesi* et *Acarospora bullata* (étage humide), enfin des espèces endémiques propres à chaque pays de la région méditerranéenne pour l'étage de haute montagne.

Un autre groupe cryptogamique, celui des Bryophytes, peut aussi très utilement contribuer à délimiter les étages, car les Mousses sont extrêmement sensibles à l'humidité, donc à l'influence des climats. Parmi elles nous trouvons les plantes méditerranéennes typiques suivantes :

---

(1) Séance du 11 juillet 1938.
(2) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 388.
(3) *Bull. Soc. Bot. Suisse*, vol. jub. Rübel, 1936, p. 614-631, et travaux antérieurs.

Tortula desertorum des steppes asiatiques et d'Espagne (plateau de Castille) ([1]) avec une espèce vicariante, *Tortula Saharæ*, dans le Sud-Oranais (L. Trabut, *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord*, 1927, p. 12-13) pour l'étage aride. *Tortula atrovirens* [Europe méridionale, Afrique du Nord et du Sud (Cap), Syrie, Caucase, Californie, Australie] avec, en outre, une espèce vicariante, *Tortula recurvata*, au Cap, et *Crossidium squamigerum* et sa variété *griseum* [Europe méridionale, Afrique du Nord, Tripolitaiue, Sinaï, Syrie, Asie Mineure, Caucase, Iran] appartiennent à l'étage semi-aride. Dans l'étage méditerranéen subhumide, nous rencontrons *Scleropodium Illecebrum* [Europe méridionale, Afrique du Nord, Californie], *Bartramia stricta* [France méridionale, Corse, Espagne, Afrique du Nord, Asie Mineure, Caucase, Californie] avec une espèce vicariante, *Bartramia substricta*, en Afrique du Sud, *Pterogomium ornithopodioides* [Europe méridionale, Afrique du Nord et du Sud, Syrie, Californie], *Epipterygium Tozeri* [Europe méridionale, Afrique du Nord, Caucase, Himalaya, Californie], L'étage méditerranéen humide peut être défini par *Syntrichia princeps* [Europe méridionale, Maroc, Algérie, Asie occidentale, Californie, Chile, Cap], *Leptodon Smithii* [France méridionale, Péninsule ibérique, Afrique du Nord, Caucase, le Cap, Australie], *Antitrichia Californica* [Europe méridionale occidentale, Maroc, Algérie, Syrie, Californie], *Homalia lusitanica* [Europe méridionale occidentale, Afrique du Nord] et *Ceratodon cedricola*, connu jusqu'ici du Maroc seulement. L'étage méditerranéen de haute montagne se distingue par des espèces endémiques, soit pour le Maroc : *Bryum Mairei*, *Encalypta Litardieri*, *Maireola atlantica*.

Cette répartition phytogéographique, telle que nous venons de l'esquisser pour les Bryophytes, parfait donc celle des Lichens et corrobore efficacement les idées d'Emberger au sujet des étages de végétation. Il faut noter, après cette vue d'ensemble, le caractère spécial de l'étage de haute montagne à plantes phanérogamiques xérophytes en boules, à végétaux cryptogamiques endémiques. Bien que l'endémisme soit prononcé dans tous les étages, il prend cependant, tout comme chez les Phanérogames, en Cryptogamie, des proportions considérables en altitude par suite des conditions climatiques particulières. Lichens et Mousses composant cette végétation paraissent être, pour la plupart, des espèces néoendémiques apparentées à la flore tempérée; nous y relevons aussi un genre vraisemblablement reliquaire, *Maireola*. La majorité des espèces citées ont actuellement une distribution disjointe, l'exploration cryptogamique des pays méditerranéens étant peu avancée. Elles existent surtout dans le bassin méditerranéen occidental, certaines établissant cependant le pont avec le bassin méditerranéen oriental et, parfois par l'intermédiaire d'espèces vicariantes, avec les autres régions composant l'aire méditerranéenne (Californie, Cap,

([1]) P. Allorge, *Trav. crypt. dédiés à L. Mangin*, 1931, p. 465-475.

Australie). Si toutes ces plantes typiques définissent avec certitude les étages, surtout en l'absence des Phanérogames, il ne faudrait toutefois pas les croire étroitement confinées dans l'étage qu'elles caractérisent, et il faut invoquer pour elles également cette plasticité écologique déjà observée par Emberger pour les végétaux supérieurs. Grâce au pointage cartographique des stations nous arrivons à déterminer l'optimum de la plante typique dans son étage, mais nous constatons aussi sa présence possible dans d'autres étages. La portée pratique de la notion de l'étage et de la plasticité écologique a été mise en relief par Emberger ([3]); elle est d'une importance capitale pour la repopulation en végétaux appropriés des surfaces arides très étendues qui se rencontrent dans des pays méditerranéens comme le Maroc.

PHYSIOLOGIE. — *Étude de l'influence du vin sur les éliminations urinaires.* Note ([1]) de M[me] **Simone Belluc**, MM. **Jules Chaussin** et **Henri Laugier**, et M[me] **Thérèse Ranson**, présentée par M. Charles Achard.

Nous avons étudié dans des conditions bien définies, l'action du vin ingéré aux repas sur les éliminations urinaires de deux sujets d'âge adulte soumis au même régime alimentaire strictement pesé et de même comportement défini (coucher à 24^h, lever à 8^h, pas de travail musculaire, deux repas principaux identiques à 12^h et à 20^h, petit déjeuner à 8^h).

Pour chaque sujet l'expérience a duré sept jours : les deux premiers la boisson est constituée par 500^{cm^3} d'eau d'Évian à chaque repas, les troisième et quatrième jours l'eau est remplacée à chaque repas par 500^g de vin de Bourgogne rouge (12°,5 d'alcool et 760^{cal}); le régime à l'eau est repris dans les trois derniers jours.

Les tableaux suivants résument les résultats concernant les débits des substances éliminées *par 24 heures :* 1° moyenne des deux jours qui précèdent l'ingestion du vin; 2° moyenne des deux jours avec ingestion de vin; 3° moyenne des 3 jours suivants.

Urée, acide urique et ammoniaque.

	Urée.			Acide urique.			Ammoniaque.		
Sujets.	Avant.	Vin.	Après.	Avant.	Vin.	Après.	Avant.	Vin.	Après.
A. R....	$26^g,87$	$24^g,88$	$30^g,41$	$0^g,682$	$0^g,812$	$0^g,689$	$0^g,999$	$1^g,088$	$1^g,039$
W......	$31^g,98$	$26^g,15$	$33^g,5$	$0^g,747$	$0^g,823$	$0^g,849$	$1^g,053$	$1^g,169$	$1^g,087$

([1]) Séance du 4 juillet 1938.

Le vin détermine *dans les jours de son absorption* une augmentation nette de l'acide urique et de l'ammoniaque éliminés et une diminution importante de l'urée. La diminution constatée dans l'élimination de l'urée dépasse de beaucoup celle qui correspondrait à l'augmentation constatée dans l'élimination de l'acide urique et de l'ammoniaque, et l'augmentation du débit de l'urée dans les trois derniers jours suivant le vin par rapport à celui des deux premiers jours de base, pourrait en être la conséquence. D'autre part le rapport azoturique est nettement diminué dans les jours avec absorption de vin (0,874 avant, 0,823 pendant, 0,865 après).

Ces modifications importantes de l'élimination urinaire suggèrent l'hypothèse d'une action du vin sur le métabolisme azoté à laquelle peut se surajouter une action spécifiquement rénale.

Action sur l'acidité urinaire (24 heures).

	Acidité à la phtaléine.			Acidité formol.			Acidité totale.		
Sujets.	Avant.	Vin.	Après.	Avant.	Vin.	Après.	Avant.	Vin.	Après.
A. R...	14,94	33,42	17,05	53,16	61,91	58,98	68,10	95,33	76,03
W.....	23,28	31,03	17,97	59,92	66,36	61,99	83,20	97,39	79,96

Ces résultats accusent une augmentation importante de l'acidité urinaire, surtout de l'acidité à la phtaléine. Cette augmentation ne semble pas pouvoir être interprétée par l'influence de l'acidité du vin.

Action diurétique du vin.

	Débit urinaire des 24 heures.			
Sujets.	Avant.	1er jour de vin.	2e jour de vin.	Après.
A. R...........	1306cm³	1611cm³	1074cm³	1197cm³
W.............	1401	1565	1095	1195

L'action diurétique du vin qui se manifeste le premier jour de son ingestion est suivie le deuxième jour d'une diminution du débit urinaire qui se poursuit encore dans les trois jours après l'ingestion du vin.

BIOCHIMIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les réactions générales du squelette consécutives à la fracture d'un os.* Note de M. **Jean Roche**, Mlle **Angèle Filippi** et M. **Marcel Mourgue**, présentée par M. Antonin Gosset.

Le synchronisme des modifications de composition que présentent tous les os longs ou plats au cours de la croissance démontre le caractère

général des mécanismes présidant au développement et à la calcification des diverses pièces squelettiques (A. Roche, J. Roche et Y. Marcelet). Si l'ensemble de celles-ci constitue un système d'organes physiologiquement homogène, il est probable que la mise en jeu des processus aboutissant à la réparation d'une fracture osseuse doit provoquer des modifications générales de la calcification du squelette. La présente Note expose les résultats d'expériences faites pour vérifier cette hypothèse.

Deux phénomènes participant à la formation de la substance osseuse et au maintien de son intégrité, à savoir la fixation des sels minéraux sur la matrice protéique de celle-ci et l'enrichissement local en ions phosphoriques dû à l'action d'une phosphatase, sont accessibles au biochimiste. Nous avons étudié la première en déterminant le rapport phosphore pour 100/azote pour 100 (P/N), dans *les deux* humérus de Pigeons adultes, normaux ou présentant *une* fracture humérale [1], et la seconde en dosant l'activité phosphatasique des mêmes os.

Nos expériences ont porté sur les humérus de vingt-quatre pigeons adultes normaux et de trente-trois pigeons adultes ayant l'un de ces os fracturé depuis un temps plus ou moins long, un cal fibreux se formant en dix à quinze jours et se calcifiant en cinq semaines environ. Le rapport P/N a été déterminé et l'activité phosphatasique dosée dans les diaphyses (éventuellement cal compris) et dans les épiphyses, le premier au moyen des méthodes usuelles (dosages du phosphore selon Neumann et de l'azote par micro-Kjeldahl), la seconde par la méthode de J. Roche, A. Filippi et A. Léandri [2]. Les résultats obtenus ont permis d'établir les graphiques présentés dans la figure ci-après :

Les principaux faits généraux qui se dégagent de l'examen de ce tableau sont les suivants :

a. Tous les os longs, intacts ou non, présentent après la fracture d'une pièce squelettique une forte augmentation de leur activité phosphatasique. Celle-ci n'est liée directement ni à la formation ni à l'évolution du cal, puisqu'elle est maxima avant toute consolidation osseuse (vers le vingtième

---

(1) Le rapport P/N d'un os, dont l'intérêt à été mis en évidence par A. Roche et I. Garcia, est un véritable *indice de calcification;* sa valeur traduit en effet la proportion dans laquelle les sels phosphocalciques sont fixés à la matrice protéique, car la teneur en phosphore indique le taux des premiers et la teneur en azote celui de la seconde.

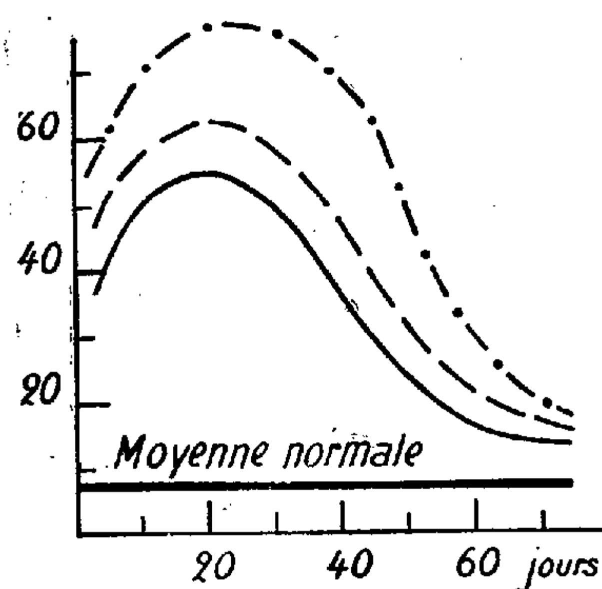
(2) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 19, 1937, p. 1314-1324.

jour d'expérience) et diminue notablement quand le cal s'ossifie, environ quarante jours après le trausmatisme.

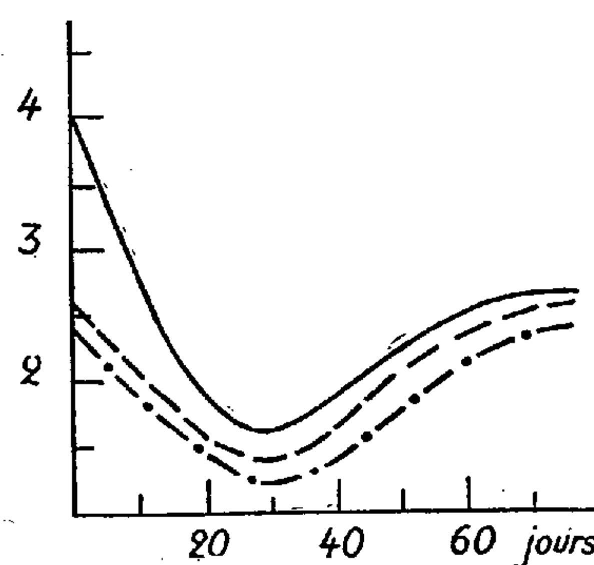
Diaphyse — Epiphyse Supérieure — Epiphyse Inférieure

Os fracturé

Activité phosphatasique

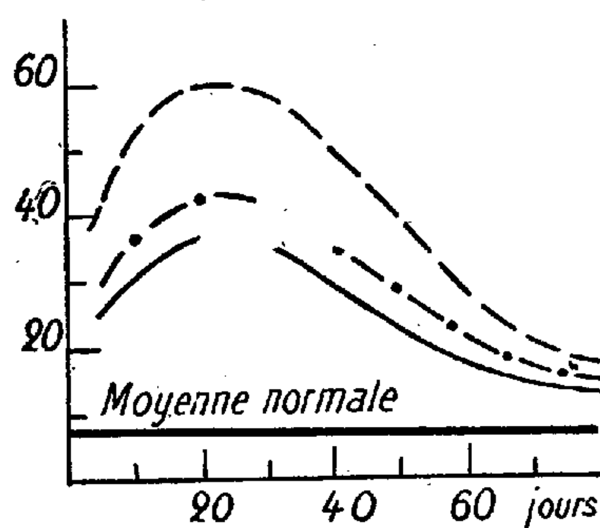


P/N

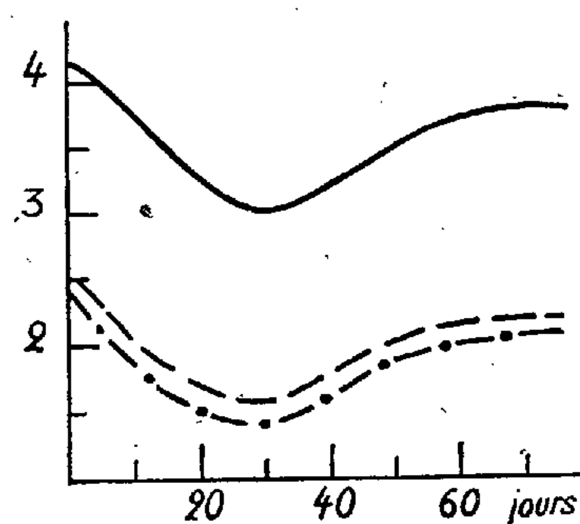


Os intact

Activité phosphatasique



P/N



A B

A. — Variations de l'activité phosphatasique des diverses régions des deux humérus chez des Pigeons adultes ayant l'un de ces os fracturé.

B. — Variations de l'indice de calcification (rapport : P/N) dans les diverses régions des deux humérus chez des Pigeons adultes ayant l'un de ces os fracturé.

Abscisses : A, activité phosphatasique; B, rapport : P/N. — Ordonnées : A et B, jours après fracture.

b. L'ensemble des os longs est, après fracture de l'un d'eux, le siège de modifications de composition que traduisent les variations du rapport P/N.

Celles-ci démontrent l'existence d'une déminéralisation initiale du squelette et de la fixation ultérieure de phosphates par les diverses régions de l'os lésé et par les autres os, en même temps que le cal se consolide.

Conclusion. — Une fracture osseuse provoque des modifications générales de l'activité phosphatasique et de la composition du squelette évoluant simultanément dans toutes les pièces osseuses, intactes ou non. Ce fait démontre à nouveau l'unité physiologique des divers éléments anatomiques du système osseux, et il permet d'introduire en pathologie osseuse une notion nouvelle, à savoir l'existence de réactions générales biochimiques du squelette après fracture d'un os.

BACTÉRIOLOGIE. — *Recherches expérimentales sur une membrane bactérienne se développant sur les peintures de carènes. Son rôle dans la corrosion.* Note de MM. **René Duliscouët** et **René Herpin**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avions étudié (1) le rôle d'une membrane bactérienne vis-à-vis de la salissure des carènes.

Par la présente Note, nous nous proposons de montrer comment la reproduction expérimentale de cette membrane nous a conduits à déterminer sa participation dans le phénomène de corrosion.

Reproduction expérimentale de la membrane. — De l'eau de mer, provenant de l'avant-port militaire de Cherbourg, bassin dans lequel ces membranes s'étaient naturellement formées, a été filtrée sur filtre Chamberland et polluée ensuite artificiellement avec ces deux germes isolés des membranes naturelles.

Dans cette eau ainsi polluée et versée dans des cristallisoirs stériles, nous avons immergé verticalement des plaques de métal au nombre de trois, enduites chacune de peintures différentes en usage dans la Marine de guerre : *Plaque A*, peinture orangée non toxique; *Plaque B*, peinture brune moyennement toxique; *Plaque C*, peinture brune très toxique.

Au 40e jour d'immersion, la plaque *A* était recouverte, dans son tiers supérieur, d'un voile gélatineux identique à celui constaté dans les conditions naturelles; la plaque *B* présentait, à la partie supérieure, un voile de quelques millimètres, peu épais et peu adhérent; la plaque *C* était indemne.

(1) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 193.

Les examens bactériologiques ont montré que ce voile était formé par un enchevêtrement de bacilles *subtilis*, renfermant dans ses mailles de nombreux bacilles anaérobies.

Au 90[e] jour : *Plaque A*. La membrane de *subtilis* a progressé de quelques millimètres. Elle présente les mêmes caractères, mais semble encore plus épaisse. *Plaque B*. La membrane est restée stationnaire. *Plaque C*. Il s'est formé une petite bordure membraneuse à la partie supérieure de la plaque, membrane peu adhérente, peu épaisse, ne dépassant pas 2 ou 3 millimètres vers la profondeur.

On détache sous un filet d'eau ces diverses membranes et l'on constate :

La plaque *A* présente 5 points de corrosion du métal sous des pustules de peinture qui s'effritent. Le métal apparaît décapé, noirâtre, en certains points, en d'autres il est profondément altéré par la rouille.

Tous ces points de corrosion correspondent exactement à la partie recouverte par la membrane.

La plaque *B* présente les mêmes caractères de corrosion, mais beaucoup moins étendue que sur la plaque *A*.

La plaque *C* est intacte dans la zone correspondante de la membrane.

Ces trois plaques présentaient à la partie inférieure, c'est-à-dire au niveau de la région la plus profondément immergée et par conséquent indemne de membrane, des petites pustules correspondant à de la corrosion punctiforme. La plaque *C* en était particulièrement criblée.

Interprétation des résultats. — 1° La membrane de *subtilis*, dans cette épreuve expérimentale, a nettement contribué à la formation de la corrosion. Celle-ci était proportionnée à l'étendue de la membrane.

2° La toxicité de la peinture limite ou empêche la formation de cette membrane. Sur la plaque *C*, très toxique, au 90[e] jour, elle était à peine ébauchée.

3° Le phénomène de corrosion sous la membrane doit être interprété de la manière suivante :

Le bacille *subtilis*, qui la constitue, est un bacille strictement aérobie, et très avide d'oxygène, il crée dans son voisinage, et en particulier entre la membrane qu'il forme et la plaque, une zone d'anaérobiose propice au développement de germes anaérobies qui doivent être tenus pour responsables de la corrosion.

Cette action corrosive des anaérobies n'est pas une constatation nouvelle. Les travaux de R. Legendre et Pupil, les recherches de Bunker ont déjà précisé le rôle particulier de ces microorganismes.

Ce rôle, dans nos expériences, est en outre confirmé par le fait que nous avons constaté de la corrosion punctiforme, en dehors de toute membrane, à la partie inférieure des plaques, c'est-à-dire dans la profondeur des récipients, en des points où logiquement ne peuvent se développer que les

germes anaérobies; mais nous apportons un fait nouveau en précisant le rôle de la membrane de *subtilis*. Celle-ci, en facilitant le développement des anaérobies, contribue dans une large part à l'aggravation du processus de corrosion.

Il résulte de ces faits expérimentaux, qui reproduisent en tous points les phénomènes réalisés dans les conditions naturelles, que, si le voile de *subtilis*, par sa formation précoce sur les peintures non toxiques, retarde, par gêne mécanique ou anaérobiose, la fixation de la flore et de la faune qui contribuent à la salissure rapide, la formation de cette membrane doit être évitée à tout prix si l'on veut se mettre à l'abri d'une corrosion grave ultérieure.

Il semble qu'il y aurait avantage à éviter la mise en réserve des bâtiments dans des bassins où la faiblesse des courants facilite la fixation de ce germe.

La mise en réserve des bâtiments dans les ports d'estuaire serait en conséquence de nature à améliorer la conservation des coques.

SÉROTHÉRAPIE. — *Résultats thérapeutiques obtenus par l'injection intraveineuse lente de sérums physiologiques acidifiés.* Note de M. **Robert Hirsch**, présentée par M. Jean-Louis Faure.

Depuis 1933 nous avons étudié la question des injections intraveineuses chez l'homme, de sérums physiologiques acidifiés (*Bull. Académie de Médecine*, 21 juillet 1936).

Les sérums physiologiques que nous employons sont de plusieurs types; les uns sont acidifiés par dégagement de CO^2; les autres, plus stables, par des combinaisons de dégagements de CO^2 et d'acide lactique, ou de CO^2 et d'acide ascorbique, entre autres.

Au point de vue du pH des sérums employés, nous sommes toujours resté fidèle à des pH situés entre 4,5 et 5, qui sont le mieux supportés en injections intraveineuses par l'homme.

Nous injectons ces sérums en goutte à goutte lent (45 minutes à 1 heure pour l'administration de 150^g de liquide). Nous pratiquons habituellement des injections intraveineuses quotidiennes ou biquotidiennes (si nécessaire) de 100 à 150^{cm^3} de sérum physiologique acidifié, que nous poursuivons pendant 2 ou 3 jours consécutifs; puis nous interrompons pendant 24 heures et administrons per os des préparations phosphorées diverses afin de

maintenir l'effet obtenu. Puis nous reprenons l'administration intraveineuse de sérum acidifié aux mêmes doses pendant de nouveau 2 ou 3 jours, et ainsi de suite jusqu'à obtention des résultats thérapeutiques habituels.

Les résultats thérapeutiques obtenus par cette technique consistent :

1° dans 85 pour 100 des cas traités environ, en une diminution considérable et, plus souvent, en la suppression d'algies, même très aiguës, chez des malades que, ni des doses élevées de morphine, ni aucun des alcaloïdes du tableau B n'arrivaient plus à calmer (chez des cancéreux très algiques, par exemple).

Cette action s'établit généralement au bout de 2 ou 3 injections et constitue alors une analgésie de base permettant des suppressions massives de morphine. L'action sédative obtenue peut être maintenue pendant plusieurs jours par l'administration per os de préparations phosphorées.

2° dans 60 à 70 pour 100 des cas traités, en un arrêt d'hémorragies même graves : hémorragies chirurgicales post-opératoires en nappe, ou hémorragies médicales (états hémogéniques, par exemple, ou autres);

3° en une action anti-hémorragique préventive (utilisation avant intervention chirurgicale chez des sujets hémorragiques);

4° en une amélioration nette de l'état général par modification de l'équilibre physico-chimique sanguin dans différents états pathologiques (néoplasmes inopérables, syndromes alcalins).

ENTOMOLOGIE MÉDICALE. — *Anophèles du Grand Atlas et de l'Anti-Atlas marocains.* Note (¹) de M. **Maurice Langeron**, présentée par M. Émile Roubaud.

Au cours d'une mission d'étude des teignes du Maroc occidental (août-octobre 1936), le hasard m'a détourné, à Midelt, au milieu de septembre, de la route du Tafilalet, pour étudier une sévère épidémie de paludisme de montagne. J'ai eu ainsi l'occasion de visiter, dans le Grand Atlas, de hautes vallées d'accès assez difficile.

De Midelt (1000^{m} environ), je suis monté au poste de Tounfit (2000^{m} environ), et de là, avec l'aide de mon confrère le Dr Salm, j'ai effectué des pêches au filet fin dans les principales localités impaludées, afin d'en connaître la faune anophélienne. Tous les points de sondage étaient situés

(¹) Séance du 11 juillet 1938.

à une altitude supérieure à 2000^m : c'étaient soit des mares herbeuses sans profondeur, alimentées par des ruisselets, soit des biefs de petits oueds torrentiels, mais à bords herbeux. Toutes ces collections d'eau se trouvaient au voisinage immédiat des villages impaludés. En raison de leur altitude, ces derniers sont enneigés pendant près de la moitié de l'année, en général depuis le début d'octobre. Ces pêches m'ont fourni des larves et des nymphes de deux Anophélinés, *Anopheles claviger* et *Anopheles* (*Myzomyia*) *hispaniola*. Malgré des recherches minutieuses et prolongées, je n'ai pu capturer aucun adulte dans les habitations : cette chasse est d'ailleurs rendue très difficile par l'enchevêtrement des bois de charpente et par la suie qui recouvre les murailles et les bois du toit. Je n'ai donc pu me procurer des adultes que par l'élevage des nymphes que j'avais récoltées.

Dans les gîtes, les larves d'anophélines étaient toujours accompagnées de larves de *Culex* à siphon grêle et très allongé, du groupe du *Culex hortensis*. Cette association, sur laquelle j'ai attiré l'attention depuis longtemps ([2]), existe donc en Afrique du Nord comme en France.

Les localités visitées ont été les suivantes :

1° 18 *septembre* 1936. — Vallées bordant le revers sud du *Djebel Masker*, longue et énorme croupe dont le point culminant atteint 3277^m. La piste se dirige d'abord à l'Est, puis tourne brusquement au Sud à Ksiret ou Berka, pour suivre la gorge étroite qui contourne le pied du Masker. On passe au poste d'Agoudim, puis à Anemzi (2385^m), situé sur la ligne de partage des eaux des bassins de la Méditerranée (Oued Moulouya) et de l'Atlantique (Oued el Abid); après de nombreux lacets, on arrive au poste d'Anefgou (2000^m environ) près duquel j'ai pêché des larves et nymphes d'*A. claviger* et d'*A. hispaniola* dans un ruisselet herbeux. De là on remonte à Tirghist dont le poste est à 2354^m et le village à 2445^m; dans le lit d'un oued, en contrebas, à 100^m de ce village, j'ai retrouvé des larves et des nymphes des deux mêmes espèces, *A. claviger* et *A. hispaniola*.

La distance de Tounfit à Tirghist, parcourue partie en automobile, partie à cheval, est d'une soixantaine de kilomètres.

2° 19 *septembre* 1936. — Vallée de *Sidi Yahia ou Youssef*, située au nord du massif du Masker, à environ 2000^m. De Tounfit, on marche d'abord à l'Ouest, puis, au bout d'environ 10^{km}, on tourne droit au Sud pendant encore une dizaine de kilomètres. A peu près à ce tournant, on traverse encore la ligne de partage des eaux indiquée par un poteau.

([2]) *Bull. Soc. Pathol. Exot.*, 9, 1916, p. 438-442.

L'agglomération de Sidi Yahia est groupée sur une presqu'île formant éminence rocheuse et contournée par l'oued; le gîte est dans un petit bief, en face et au sud du village; j'y ai pêché des larves et nymphes d'*A. hispaniola*.

3° 19 *et* 20 *septembre* 1936. — Haute vallée à environ 2500^{m}, encaissée entre le grand massif du Djebel Ayachi, qui culmine à 3751^{m} au Nord, et la longue crête du Djebel Maoutfoud, dont la principale cîme n'atteint que 3465^{m}, au Sud. Dans cette vallée, située au sud-est de Tounfit, nous avons effectué des sondages autour des villages de *Tighermine*, *Lougouargh* et *Massou*. Près des deux premiers, nous avons trouvé des larves et nymphes d'*A. hispaniola*, tandis qu'à Massou, sur les bords de l'oued, en contrebas du village, parmi les herbes, joncs et conferves, j'ai obtenu des larves et nymphes d'*A. claviger* et d'*A. hispaniola*. De Massou, point extrême de la piste, à Tounfit, il y a environ 40^{km}.

La présence d'anophèles à de hautes altitudes n'est pas un fait exceptionnel; des *Anopheles* (non déterminés) ont été signalés par Romeo de Leon [3] au Guatemala, dans la région de Huehuetenango, jusqu'à 3500^{m}. *A. maculipennis* a été vu dans les Alpes jusqu'à 1200^{m} (Léger et Mouriquand), en Transcaucasie jusqu'à 2200^{m} (Kandelaki). *A. claviger* s'élève dans les Alpes jusqu'à 1650^{m} (Léger et Mouriquand); j'en ai pêché des larves en Corse jusqu'à 1200^{m}, au-dessus de Corte en 1925 (sondage 242). *A. multicolor* peut monter jusqu'à 1800-2300^{m}. *A. hispaniola* est signalé jusqu'à 1300^{m} en Algérie (Ed. et Et. Sergent).

Nos pêches marocaines montrent que *A. claviger* et *A. hispaniola* peuvent vivre au delà de 2000^{m}, dans des localités longuement enneigées, et y transmettre un paludisme sévère à *P. vivax*.

Dans l'Anti-Atlas, j'ai trouvé, au poste de Taghjicht (500^{m}), le 27 août 1936, un gîte abondant à larves d'*A. sergenti*, dans une mare de l'oasis, malgré la présence de touffes de characées. Cette espèce a été capturée au Maroc, en septembre 1937, par A. Messerlin [4] à Tamelelt, à 60^{km} de Marrakech.

La séance est levée à 15^{h}30^{m}.

E. P.

---

(3) *Public Health Reports*, 52, 1937, p. 980.
(4) *Bull. Soc. Pathol. Exot.*, 31, 1938, p. 106.

ERRATA.

—

(Séance du 20 juin 1938.)

Note de M. *Robert Esnault-Pelterie*, Sur le rendement des machines thermiques :

Page 1859, formule (15) et ligne précédente, *lire* pour une transformation sans transvasement on aurait abouti à (15) $dU = dQ - \mathcal{R} p\, dv$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1938.

Traité du calcul des probabilités et de ses applications. Tome IV. *Applications diverses et conclusion.* Fasc. II. *Applications aux jeux de hasard,* par Émile Borel et Jean Ville. Paris, Gauthier-Villars, 1938; 1 vol. 25cm.

Quelques techniques actuelles en physique nucléaire, par Jean Thibaud, Louis Cartan et Paul Comparat. Paris, Gauthier-Villars, 1938; 1 vol. 25cm (présenté par M. M. de Broglie).

Halogènes et composés oxygénés du chlore. Mémoires de Scheele, Berthollet, Gay-Lussac et Thénard, H. Davy, Balard, Courtois, H. Moissan, Millon, in *Les classiques de la découverte scientifique.* Avant-propos par A. Damiens. Paris, Gauthier-Villars, 1938; 1 vol. 19cm.

La dissolution. Mémoires de Lavoisier, Gay-Lussac, Loewel, Gernez, Lescœur, Raoult, in *Les classiques de la découverte scientifique.* Préface de Henry Le Chatelier. Paris, Gauthier-Villars, 1938; 1 vol. 19cm.

Encyclopédie économique de sylviculture. VI. *Les Chênes,* par A. Camus. Tome I. Paris, Paul Lechevalier, 1936-1938; 1 vol. 25cm (présenté par M. L. Blaringhem).

Œuvres médicales d'Alexandre de Tralles, le dernier auteur classique des grands médecins grecs de l'antiquité, par F. Brunet, in *Les douze livres de Médecine.* Tome IV. Paris, Librairie orientaliste Paul Geuthner, 1937; 1 vol. 25cm (présenté par M. L. de Broglie).

Suite de la descendance des Aubert du Petit Thouars de Saint-Georges. Récits biographiques, par le comte DU PETIT THOUARS. Saumur, Imprimerie Girouard et Richou, 1934; 1 vol. 25cm,5.

Paul Janet, par CHARLES FABRY. Extrait des *Procès-verbaux des Séances du Comité international des Poids et Mesures*, 2e série, tome XVIII, Session 1937. Paris, Gauthier-Villars, 1938; 1 fasc. 22cm.

Journal de Mathématiques pures et appliquées, 9e série, tome XVII, fascicule du *Volume jubilaire offert à M. Jacques Hadamard*. Paris, Gauthier-Villars, 1938; 1 fasc. 27cm.

Institut catholique de Paris. Inauguration de la nouvelle Bibliothèque. *Rapport historique*, par le Chanoine LANGLOIS. Poitiers, Marc Texier, s. d.; 1 fasc. 24cm,5.

Achats rationnels. Caractère du plus avantageux de deux achats semblables, par CHAYROU. Paris, Librairie du Recueil Sirey, 1938; 1 vol. 22cm,5 (présenté par M. G. Charpy).

Les campagnes navales de Mohammed Aly et d'Ibrahim, par GEORGES DURAND-VIEL. 1er et 2e vol. Paris, Imprimerie nationale, 1937; 2 vol. 28cm,5.

Étude de prévision du temps. *L'orage — Sa genèse — Ses mystères — Sa prévision. Les systèmes nuageux. La méthode norvégienne*, par GABRIEL GUILBERT. Paris et Liége, Librairie polytechnique Ch. Béranger, 1938; 1 vol. 22cm (présenté par M. Ch. Maurain).

Pour l'histoire de l'astronomie stellaire de position, par BENJAMIN BAILLAUD. Toulouse, Édouard Privat, s. d.; 3 vol. polycopiés, 31cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 JUILLET 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Nous avons appris avec peine la mort, survenue le 18 juillet, de notre Confrère M. **de la Baume Pluvinel**.

Né à Paris le 6 novembre 1860, Aymar de la Baume Pluvinel fut attiré de bonne heure vers l'Astronomie physique. Il saisit avec empressement, en 1882, l'occasion qui s'offrit à lui d'accompagner, à l'île d'Haïti, Antoine d'Abbadie qui allait y observer le passage de Vénus sur le Soleil.

A son retour, il s'initia, sous la direction de Janssen, à l'Observatoire de Meudon, à l'étude de la physique solaire. S'étant installé ensuite un laboratoire particulier, rue Laugier, il y réalisa toute une série d'appareils destinés à cette étude, et tout particulièrement aux observations sur les éclipses de Soleil. De 1887 à 1914, il n'organisa pas moins de dix expéditions, parfois dans des pays fort lointains, pour aller photographier cette couronne solaire que l'on ne savait alors étudier que pendant les éclipses totales. M. de la Baume préparait toujours ces expéditions avec grand soin; plusieurs mois avant chaque éclipse, il publiait, sur les observations les plus intéressantes à faire, des instructions détaillées qui ont rendu à tous de grands services. Les photographies de la couronne qu'il a obtenues en Espagne en 1905, en Crimée en 1914, sont particulièrement belles; de la Baume a en même temps fait l'étude, avec ses prismes-objectifs, de la composition spectrale de la lumière de la couronne et montré qu'à côté des raies spectrales qui lui sont propres, elle présente aussi un faible

spectre continu avec les raies habituelles, la couronne diffusant en même temps une part des rayons solaires qui la traversent.

Notre Confrère s'était aussi beaucoup occupé des comètes, qu'il étudiait avec les instruments mêmes qui lui servaient pour le Soleil. C'est dans ce domaine sans doute qu'il a obtenu les résultats les plus importants : lorsqu'il a montré par exemple, lors de la comète de Morehouse de 1908, et sur d'autres comètes ensuite, que les spectres du noyau et de la queue peuvent être très différents l'un de l'autre, et qu'on voit changer ces spectres rapidement lorsque la comète se rapproche du Soleil.

M. de la Baume Pluvinel s'est beaucoup occupé de photographie. Il avait utilisé avec succès l'ancien procédé au collodion et celui de Daguerre, procédés qui même encore aujourd'hui restent ceux qui donnent les images les plus fines. Mais il a fait de longues études sur les plaques que l'on trouve dans le commerce, en cherchant à mesurer avec précision les divers facteurs qui modifient l'intensité des *noirs* produits par le développement de l'image latente. C'est lui qui a trouvé notamment dès 1906, avec M. Baldet, qu'avec des plaques à grains un peu gros, ces noirs deviennent bien plus marqués quand on ne développe pas tout de suite après la pose.

M. de la Baume a eu l'occasion de réaliser des instruments nouveaux fort ingénieux : lunette photographique pour déterminer la distance zénithale des étoiles au moment de leur culmination, lunette coudée portative pour l'application de la méthode des hauteurs égales, appareil pour la mesure en ballon des hauteurs des astres, etc. Je rappellerai seulement que dès 1899 il avait attaché à un gros ballon sonde, gonflé à l'hydrogène, un spectrographe automatique qui lui a permis d'analyser à 9000^{m} d'altitude la lumière du Soleil : à cette altitude les raies dues à l'oxygène terrestre, devenues bien plus fines, sont pourtant encore visibles.

M. de la Baume n'a jamais eu de fonctions officielles, mais il a rendu aussi de grands services à l'Astronomie en donnant des conseils précieux pour l'équipement de plusieurs Observatoires et en formant, dans son laboratoire de la rue Laugier, des élèves qui sont devenus des astronomes et des physiciens très connus.

Il a joué un rôle important à l'Union internationale pour les recherches solaires et à l'Union astronomique internationale. Dès 1906 il avait été nommé Correspondant du Bureau des Longitudes. Il appartenait à la Section d'Astronomie depuis le 28 novembre 1932.

J'adresse à sa fille et à sa famille l'expression de notre douloureuse sympathie.

THÉORIE DES VIBRATIONS. — *Sur la stabilité séculaire quand les forces positionnelles n'admettent pas de potentiel.* Note de M. **Émile Jouguet.**

I. Soit un système matériel soumis à des forces positionnelles, à des forces gyroscopiques (qui peuvent manquer) et à des forces de viscosité. Si les forces positionnelles admettent un potentiel, il faut et il suffit, pour que le système soit en équilibre stable, que ce potentiel soit minimum, et alors les petits mouvements s'amortissent. La condition de minimum pour le potentiel étant également suffisante pour assurer la stabilité en l'absence de viscosité, il s'ensuit qu'un équilibre ne peut pas être instable sans viscosité et stable avec viscosité : une viscosité ne saurait être stabilisante.

La démonstration générale de ces propriétés fait intervenir le fait que des forces admettant un potentiel ont un travail limité si l'écart du système l'est (¹). Or, quand il n'y a pas potentiel, cela n'est plus vrai et, par conséquent, il est possible que ces propriétés ne soient plus exactes. Un exemple tout élémentaire montrera qu'il y a en effet des cas où elles sont en défaut.

Soit, dans un plan, un point P soumis à une force centrale proportionnelle à la distance OP, à une force perpendiculaire à OP proportionnelle, elle aussi, à OP, à une force gyroscopique et à une viscosité proportionnelles à la vitesse. Les équations de son mouvement sont :

$$(1)\qquad \begin{cases} x''+ay'+hx'+lx+ky=0 \\ y''-ax'+hy'-kx+ly=0 \end{cases} \qquad (k\neq 0).$$

L'équation caractéristique de ce système linéaire est

$$(2)\qquad (s^2+hs+l)^2+(as+k)^2=0.$$

Pour que la position $x=y=0$ soit stable, il faut et il suffit que (2) n'ait que des racines purement imaginaires ou pseudo-négatives (²). k étant différent de zéro, les quatre racines ne peuvent être purement

(¹) Si l'on fait les hypothèses des petits mouvements, ces propriétés sont classiques depuis Tait et Thomson. Pour la démonstration générale, voir *Journal de l'École Polytechnique*, 2ᵉ série, 27ᵉ cahier, 1929, p. 205. Voir aussi, pour la terminologie, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 793 (note).

(²) J'emploie le langage et les résultats de Liénard et Chipart (*J. de Math. pures et appliquées*, 6ᵉ série, **10**, 1914, p. 291).

imaginaires. Les conditions de stabilité sont donc

(3) $$h > 0, \qquad h + 2l + a^2 > 0;$$

(4) $$k^2 - ahk - lh^2 \leqq 0.$$

S'il n'y a pas de viscosité ($h = 0$) l'équilibre est instable. Mais on peut trouver une viscosité assurant la stabilité pourvu que $l > -a^2/4$ et, en outre, si $0 \geqq l > -a^2/4$, que ak soit positif. Lorsque l est positif ou nul, toutes les viscosités supérieures ou égales à la plus grande des racines du trinome (4) conviennent. Lorsque l est négatif, les viscosités convenables sont comprises entre les deux racines de ce trinome. En somme la viscosité peut stabiliser un équilibre instable.

Lorsque la condition (4) est vérifiée sous forme d'égalité, il est facile de voir qu'on peut trouver, autour de l'équilibre stable, des petites oscillations indéfinies ne s'amortissant pas.

II. Les équations (1) sont linéaires. Mais le problème auquel elles se rapportent n'a été envisagé jusqu'ici que pour montrer la possibilité, dans le cas général, d'une stabilisation par la viscosité et d'oscillations non amorties.

Si maintenant on fait les hypothèses classiques des petits mouvements de manière à avoir toujours des équations linéaires, on peut compléter nos remarques.

Le système différentiel a alors une équation caractéristique. Définissons la parité ou l'imparité de l'instabilité par la parité ou l'imparité du nombre des racines positives de cette équation (qui est celle du nombre des racines positives et pseudo-positives). Un raisonnement identique à celui qui est employé par Appell pour étudier la stabilité gyroscopique (*Mécanique rationnelle*, 4, p. 248-249) montre qu'une viscosité ne peut pas stabiliser une instabilité d'ordre impair. D'une manière générale, envisageant la stabilité comme une instabilité d'ordre 0 (pair), on peut dire que l'introduction des forces proportionnelles à la vitesse (forces gyroscopiques ou viscosité) ne change pas la parité de l'instabilité.

Supposons le système sans viscosité et soumis uniquement à des forces positionnelles et gyroscopiques. On sait que s'il y a potentiel des forces positionnelles, l'équation caractéristique ne contient que des puissances paires de s. Quand il n'y a pas potentiel, il peut en être autrement. Mais alors l'équilibre n'est pas stable. La stabilité dans ce cas exige que l'équation caractéristique (qui présente forcément une lacune au second terme)

ne contienne que des puissances paires et n'ait que des racines purement imaginaires. Cela résulte d'un théorème de M. Liénard ([3]).

Il est d'ailleurs digne de remarque que, dans le cas de deux degrés de liberté, la stabilité avec forces gyroscopiques et sans viscosité ne peut exister qu'avec un potentiel des forces positionnelles.

III. Certains problèmes de stabilité de mouvements rencontrés dans diverses questions techniques conduisent à des équations de la forme (1) ou d'une forme analogue.

Soit un système, du type étudié par Routh, défini par des variables gyroscopiques r et des variables ordinaires q, animé par des forces positionnelles dérivant d'un potentiel. On sait que la théorie de la stabilité séculaire peut s'appliquer aux régimes caractérisés par $q=$ const., $r'=$ const., lorsqu'on a une viscosité dont le travail virtuel est de la forme $\Sigma\varphi(q, q', r')\delta q$ (φ nul avec q') ([4]). On rencontre parfois, dans les applications, des problèmes où la viscosité est de la forme

$$\Sigma\varphi(q, q', r')\delta q + \Sigma\psi(q, q', r')\delta r$$

(φ nul avec q', ψ nul quand q' et r' le sont). Cette viscosité affecte donc le mouvement de régime r', mais des forces supplémentaires fournies par un moteur d'entretien surmontent la résistance correspondante et maintiennent les r' constants. Dans ces problèmes, on ne peut étudier les oscillations autour d'un régime qu'avec les hypothèses des petits mouvements. Quand on le fait, la viscosité ψ introduit souvent des termes analogues aux termes ky et $-kx$ des équations (1). Citons par exemple le mouvement d'un rotor de turbine en tenant compte de la résistance de l'air, étudié par nous au paragraphe IV d'une Note parue ici même ([5]). Certains appareils gyroscopiques à friction fournissent d'autres exemples.

Dans ces problèmes, on peut avoir des viscosités favorisant la stabilité, et ce point est important pour les applications. C'est ainsi que pour le rotor de turbine, selon une remarque de Lamb développée dans la Note précitée, la rotation au-dessus de la vitesse critique, instable séculairement,

---

([3]) *J. de Math. pures et appliquées*, 7e série, 15, 1936, p. 235.

([4]) Voir *J. de l'École Polytechnique*, 2e série, 27e cahier, 1929, p. 252, et *Bulletin de la Société Mathématique de France*, 58, 1930, p. 34.

([5]) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 793. Dans ce travail nous avons supposé, non pas que le moteur d'entretien maintenait r' constant, mais qu'il donnait un couple constant. Le cas où r' est maintenu constant donne lieu à des calculs identiques.

est stabilisée par la résistance de l'air. Il est intéressant d'observer que le processus stabilisateur de la viscosité comporte tout d'abord l'introduction de forces positionnelles non conservatives.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Remarques au sujet d'une Note de M. Brylinski intitulée « Sur les symétries du champ magnétique ».* Note de M. **Aimé Cotton.**

M. E. Brylinski [1] affirme, contrairement à l'opinion classique, qu'un champ magnétique (uniforme) ne possède pas de plan de symétrie normal à sa direction, mais une infinité de plans de symétrie passant par cette direction.

Considérons cependant le cas suivant, particulièrement simple si l'on veut rechercher les éléments de symétrie d'un champ magnétique. Sur un cercle (ou un tore) de centre O, imaginons des charges statiques distribuées régulièrement sur la surface : ce corps chargé est de révolution et admet un plan de symétrie P normal en O à son axe. Faisons tourner rapidement ce corps autour de cet axe; l'ensemble des charges en mouvement conserve évidemment le même plan de symétrie P. Or Rowland a montré qu'elles produisent alors un champ magnétique, qui, au voisinage de O, est sensiblement uniforme et dirigé suivant l'axe. Le plan de symétrie P normal à l'axe doit se retrouver dans le champ produit, puisque les éléments de symétrie des *causes* doivent se retrouver nécessairement dans les *effets*.

L'existence de ce plan de symétrie est parfaitement d'accord avec le fait expérimental invoqué par M. Brylinski : une aiguille aimantée (à laquelle je supposerai la forme d'une longue tige cylindrique) garde la même orientation quand elle traverse le plan d'une spire circulaire parcourue par un courant. En effet les deux extrémités de l'aimant considéré sont physiquement identiques, et cet aimant admet lui-même un plan de symétrie normal à son axe. Il suffit pour s'en convaincre de considérer le solénoïde d'Ampère équivalent à l'aimant considéré.

Il n'y a rien à modifier à l'opinion classique admise par tous depuis les travaux de Pierre Curie [2] : un champ magnétique uniforme a exactement les éléments de symétrie d'un cylindre tournant autour de son axe dans un

---

(1) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 137.

(2) P. Curie, *Journal de Physique*, 3e série, 3, 1894, p. 393. Voir *Œuvres de P. Curie*, Paris, 1908, p. 113 et 131.

sens déterminé. La représentation d'un champ magnétique par une flèche (ou la désignation des deux pôles d'un aimant par deux lettres *distinctes*), qui n'offre souvent aucun inconvénient, est tout à fait défectueuse au point de vue de la symétrie et peut parfois conduire à des erreurs.

CORRESPONDANCE.

CINÉMATIQUE. — *Extension de la formule d'Euler-Savary au mouvement le plus général d'un solide.* Note de M. **René Garnier**.

Nous avons indiqué ([1]) la loi de correspondance reliant les éléments de courbure de deux surfaces conjuguées S, S_1; nous en donnerons aujourd'hui diverses applications.

1. Pour un mouvement plan il existe une transformation ponctuelle simple, l'homographie, qui établit entre les centres de courbure la correspondance définie par la formule de Savary. Dans le cas du mouvement le plus général d'un solide, on peut se proposer de trouver pour chaque droite g du complexe $\mathcal{C}$ une transformation simple établissant entre les éléments de courbure de deux surfaces conjuguées S et S_1 normales à g la même relation que la loi généralisée de Savary. Un tel problème, évidemment indéterminé, comporte une solution remarquable : la transformation τ_m définie par les relations génératrices

$$x_1 = x, \qquad (y_1 - y)^2 + (z_1 + m x_1 y_1 - z - mxy)^2 = a^2$$

(avec $a\zeta' = -\eta^2$, $m\eta = q$; axes et notations de la fin de notre Note précédente). A un point, τ_m associe une ellipse E située dans un plan parallèle à un plan fixe; pour $m = 0$ (mouvement tangent à une translation) E *est un cercle de rayon constant* [transformation ([2]) τ_0; τ_m est d'ailleurs la transformée de τ_0 par $x' = x, y' = y, z' = z - mxy$].

2. La formule de Savary pour le plan comporte une double conséquence :

([1]) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 115.

([2]) τ_0 intervient dans le problème suivant : On peut se demander si à toute transformation linéaire L sur $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$ conservant $\alpha\gamma - \beta^2 - \delta\varepsilon$ correspond une transformation de contact $\mathfrak{C}$ telle que la loi entre les éléments de courbure associés par $\mathfrak{C}$ soit précisément exprimée par L (avec $r : s : t : rt - s^2 : 1 = \alpha : \beta : \gamma : \delta : \varepsilon$). En opérant

l'existence de l'homographie rappelée plus haut entre points d'une même droite g, passant par le c. i. r. et la loi de variation de cette homographie quand g tourne autour du c. i. r. De même, dans l'espace, on peut se demander *comment varie la loi d'homographie généralisée quand g varie dans* $\mathcal{C}$. D'après la forme canonique que nous avons indiquée, cette variation dépend de celle de ζ'; or ζ' *ne dépend que de* g; c'est le moment résultant par rapport à g d'un certain système de vecteurs glissants que l'on peut définir simplement à l'aide du trièdre central des axoïdes, et en introduisant des éléments tels que le pas instantané h et sa dérivée $h' = (dh/dt)$. *Dans le cas général d'une viration,* ζ *dépend donc des éléments différentiels du troisième ordre des axoïdes,* et la loi de variation cherchée ne peut être aussi simple que celle qui résulte de la formule de Savary.

Cas du roulement. — On a alors $h(t) \equiv 0$. Bornons-nous au cas où g rencontre l'axe instantané Δ en un point M à distance finie. S et S_1 étant normales à g en M, soit P le plan (Δ, g). *Les indicatrices de Dupin de* S *et* S_1 *en* M *sont bitangentes aux points où elles coupent* **P**; soient Q le plan perpendiculaire à Δ mené par M, Γ_f et Γ_m les intersections des axoïdes par Q, μ' et μ'_1 les projections sur Q des centres de courbure μ et μ_1 des sections de S et S_1 par le plan mené par g perpendiculairement à P; *la correspondance entre* μ' *et* μ'_1 *est exprimée par la formule classique de Savary relative à* Γ_f *et* Γ_m.

3. *Cas où* S *et* S_1 *sont deux réglées tangentes le long d'une génératrice commune* γ (variable avec t). — Dans son Mémoire cité antérieurement des *Savants étrangers*, G. Kœnigs a étudié la variation des éléments de courbure de S et S_1 le long de γ, mais dans l'hypothèse où S et S_1 sont deux développables. Les formules de notre Note précédente permettent de retrouver ses résultats, comme aussi d'étudier le cas plus général, et qui ne paraît pas avoir été traité ([3]), où S et S_1 sont deux surfaces gauches. On trouve,

---

comme dans une Note antérieure (*Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 542), on peut construire une base pour le groupe des L; une telle base est formée par les L induites par 1° les rotations autour d'une droite g; 2° une symétrie autour d'un plan par g; 3° une homothétie déterminée centrée sur g; 4° une polarité par rapport à un complexe linéaire contenant g; 5° une dilatation; 6° la transformation τ_0. Dès lors la question posée se résout affirmativement.

([3]) Exceptons le cas où S se réduit à une droite (dont le lieu dans T_1 est S_1); ce cas a fait l'objet d'un Mémoire remarquable de M. Disteli (*Zeitsch. für Math. und Phys.* **62**, 1914, p. 261); la formule fondamentale (74) qu'il donne p. 286 peut être retrouvée aisément par la méthode actuelle.

en outre, que la construction effective d'un couple (S, S_1) dépend 1° de la construction des images sphériques de S et S_1 (dont l'une est arbitraire); 2° de l'intégration d'un système linéaire du second ordre qui définit les lignes de striction. De plus, connaissant S et S_1 on peut en déduire simplement les éléments centraux des axoïdes, ce qui complète des résultats de H. Resal ([4]).

4. *La méthode employée s'étend aux espaces* ∞^3 *à courbure constante* ($>$ *ou* $<$ 0). *Elle s'applique aussi à l'étude du roulement de deux surfaces* S *et* S_1 (non nécessairement conjuguées) et fournit trois équations dont les deux premières équivalent à deux équations obtenues par Resal dans ses beaux travaux sur le roulement (*loc. cit.*, p. 158 et 162); la troisième peut s'écrire en général

$$r_1 - r - \frac{(s_1 - s)^2}{t_1 - t} = -\left(\frac{1}{R_f} - \frac{1}{R_m}\right)\frac{\sin\alpha}{\sin\beta};$$

r, s, t, r_1, s_1, t_1 éléments de courbure de S et S_1 au point de contact M, l'axe des x étant perpendiculaire à l'axe instantané Δ; R_f et R_m sont les rayons de courbure des sections droites des axoïdes; α est l'angle (Δ, Oz); β est l'angle du plan tangent en M aux axoïdes avec le plan (Δ, Oz); les signes peuvent être définis sans ambiguïté.

ÉLASTICITÉ. — *Une méthode pour la détermination des modules d'élasticité adiabatiques des cristaux.* Note de M. **Ernest Baumgardt**, présentée par M. Paul Langevin.

J'ai exposé ([1]) que la vitesse de propagation des ultrasons cheminant suivant l'épaisseur d'un disque solide isotrope est égale à

$$v = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\theta}},$$

λ et μ étant les coefficients de Lamé. Ce fait expérimental permet, comme je l'ai aussi montré ([2]), de prévoir que, dans les cristaux, la vitesse des

---

([4]) *Traité de Cinématique pure*, Paris, 1862, p. 143.

([1]) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1284.

([2]) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1887.

ultrasons sera

$$v' = \sqrt{\frac{c_{ik}}{\theta}},$$

où θ est la densité et c_{ik} le module d'élasticité correspondant à la direction de l'épaisseur de la lame. L'expérience a montré que la variation de la vitesse avec le rapport λ/d, λ étant la longueur d'onde élastique et d le diamètre du disque, reste en dessous de 1/2000, tant que λ/d ne dépasse pas 1/20. En mesurant la vitesse de propagation des ultrasons dans trois lames taillées suivant trois directions différentes dans un cristal appartenant au système cubique, par exemple, on pourra calculer les trois modules d'élasticité qui déterminent l'allure élastique d'un tel cristal.

En effet, si c_{11}, c_{12} et c_{44} sont les modules du cristal et α, β, γ les cosinus directeurs de la direction parallèle à l'épaisseur de la lame étudiée, le module c^*, déterminé par la relation

$$v^* = \sqrt{\frac{c^*}{\theta}},$$

se calcule ([3]) suivant l'équation

$$c^* = c_{11}[\alpha^4 + \beta^4 + \gamma^4] + 2(c_{12} + 2c_{44})[\beta^2\gamma^2 + \gamma^2\alpha^2 + \alpha^2\beta^2].$$

La précision de la méthode promet d'être très bonne. λ sera mesuré en faisant varier la fréquence des ultrasons cheminant dans un liquide jusqu'à ce que la lame étudiée présente un maximum de transparence ([1]). La détection du maximum sera effectuée à l'aide de l'effet de la diffraction de la lumière par les ultrasons. Il paraît possible de mesurer ainsi la vitesse des ultrasons à 1/1000e près, précision qui pourrait être améliorée en enregistrant par cellule photoélectrique. L'effet de diffraction s'observant aussi dans les gaz, plus difficilement, il est vrai, la méthode indiquée paraît susceptible de donner des résultats dans un large intervalle de températures.

Des expériences sont en cours.

([3]) W. Voigt, *Lehrbuch der Kristallphysik*, Leipzig et Berlin, 1928, p. 596.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la couleur du ciel nocturne.*
Note (¹) de M. **Raymond Grandmontagne**, présentée par M. Charles Fabry.

Les observations relatives à la couleur du ciel nocturne ont été poursuivies à l'Observatoire de Lyon avec le photomètre enregistreur à cellule photoélectrique précédemment décrit, à peine modifié (²).

L'étalonnage a été perfectionné de la manière suivante : on compare, avant et après chaque nuit, la lumière nocturne à celle d'une lampe étalon affaiblie par un verre neutre de densité 3 environ (NG 3b); cette opération peut être faite dans la journée. De plus, les déviations ainsi obtenues sont comparées, pendant la nuit, à celles que donne le rayonnement direct de la lampe placée à 50^m, passant à travers les différents filtres. On évite ainsi l'incertitude provenant de l'emploi des verres neutres.

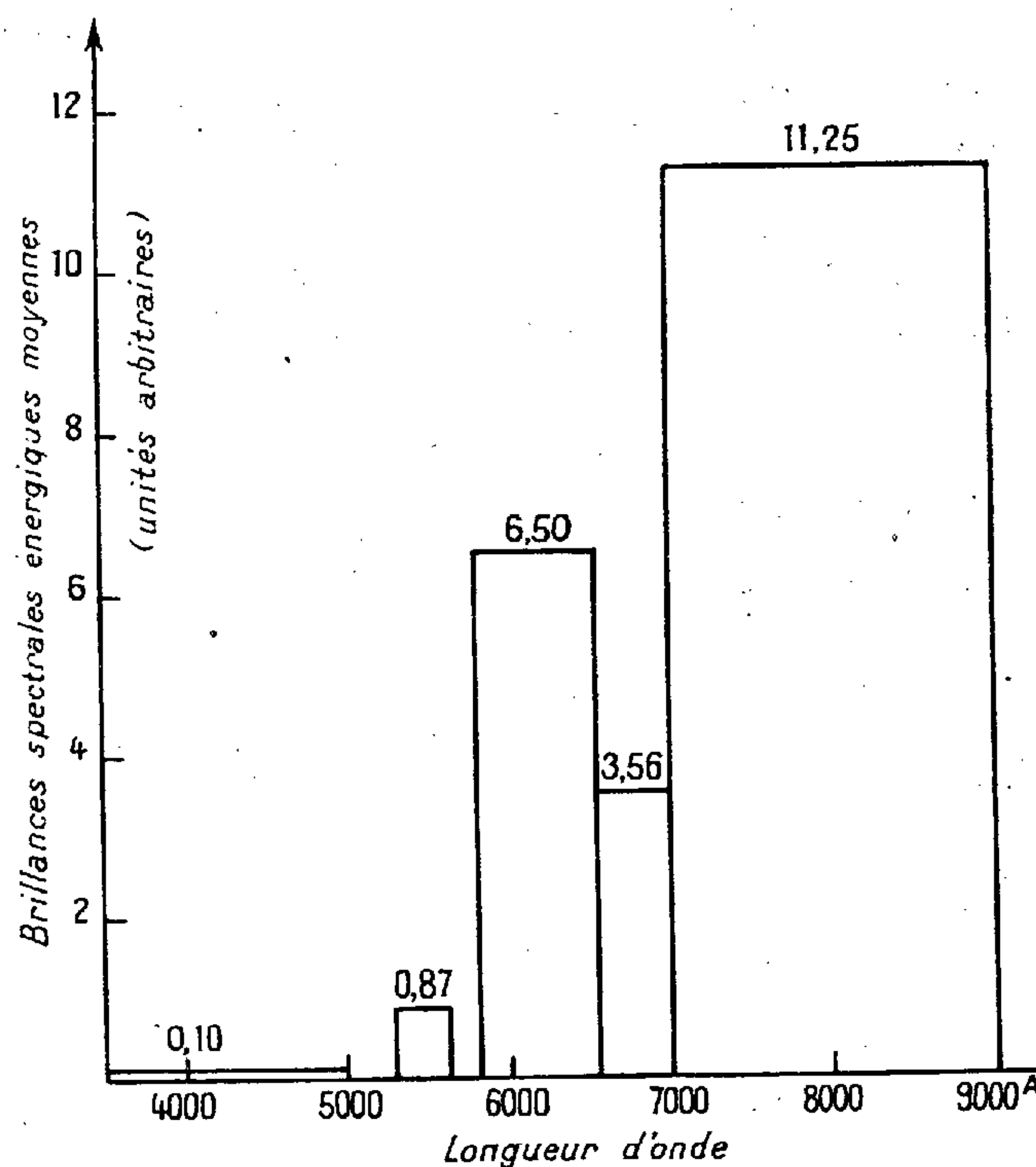
Pour étudier la couleur moyenne du ciel, déterminons d'abord la moyenne des rapports des déviations de l'électromètre lorsque la cellule est exposée à la lumière du ciel et à la lumière de l'étalon à verre neutre. Nous en déduisons le rapport des déviations correspondant au ciel et à la lampe étalon placée à 50^m. Calculons d'autre part l'énergie rayonnée par le tungstène à 2100°K (température du filament) dans les différents domaines spectraux limités par les filtres; nous obtenons finalement l'énergie rayonnée par le ciel nocturne dans les mêmes domaines.

L'énergie rayonnée dans le bleu (entre 3500 et 5000 Å) étant prise comme unité, la moyenne de 150 lectures, faites sur les enregistrements répartis sur environ 1 an, donne 230 pour l'énergie rayonnée entre 5800 et 9000 Å. L'importance des radiations rouges, déjà signalée, apparaît donc encore plus grande d'après les nouvelles observations.

Ce fait nous a conduit à abandonner l'étude du bleu pour fractionner celle du rouge au moyen de plusieurs filtres coupant le spectre, du côté des petites longueurs d'onde, vers 5800, 6550 et 7000 Å (OG 2, RG 5, RG 8). Par différence on obtient les énergies correspondant aux bandes 5800-6550 et 6550-7000 Å, tandis que le filtre RG 8 donne directement la bande 7000-9000 Å. En divisant ensuite les énergies par la largeur spectrale des intervalles successifs, on obtient, en unités arbitraires, des nombres qui peuvent être considérés comme les brillances spectrales énergétiques moyennes des intervalles considérés.

(¹) Séance du 8 juin 1938.
(²) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 377.

Le graphique ci-dessous a été construit en portant en abscisses les longueurs d'onde, en ordonnées les brillances spectrales énergétiques



Répartition de l'énergie dans le spectre du ciel nocturne.

moyennes résultant des 4 derniers mois d'observation (environ 600 lectures).

Il est intéressant de rapprocher ces résultats de ceux qui avaient été obtenus précédemment dans les régions verte et bleue. Pour les ramener à la même unité que les nombres actuels, on admet que le rayonnement est resté, en moyenne, le même à travers le filtre OG2, commun à toutes les expériences. Les nombres trouvés ont permis de compléter le graphique pour les longueurs d'onde inférieures à 5 800 Å.

On remarque l'énergie considérable émise dans le rouge extrême et le proche infrarouge. Il convient aussi de noter le minimum qui apparaît dans la région 6550-7000 Å ; d'après les observations spectroscopiques, les bandes d'émission signalées dans cet intervalle sont beaucoup plus faibles que les bandes et les raies de l'intervalle précédent, qui contient notamment la forte raie 6300 Å et des bandes intenses vers 6500 Å ([3]). Mais l'étude

([3]) J. Cabannes, *Journal de Physique;* 5, 1934, p. 601.

photographique du spectre renseigne encore mal sur la répartition de l'*énergie* dans le rouge et l'infrarouge.

Les moyennes données ici englobent les variations diurne et annuelle, qui peuvent atteindre 50 pour 100 de la valeur moyenne. Mais, contrairement aux conclusions de Rudnick ([4]), les deux extrémités du spectre subissent, d'après nos observations, des variations analogues. La couleur du ciel ne s'écarte par suite jamais beaucoup de la moyenne indiquée ci-dessus.

Enfin la cellule photoélectrique employée est un récepteur sélectif dont la sensibilité est minimum vers 6200 et faible au delà de 8000 Å. Par suite, la répartition donnée est probablement déformée dans ces deux régions; les ordonnées réelles peuvent être supérieures à celle du graphique, ce qui ne ferait qu'accentuer les dénivellations entre les bandes successives.

CAPILLARITÉ. — *Sur l'utilisation de la méthode de l'anneau pour la mesure des tensions superficielles.* Note de MM. **Dikran G. Dervichian** et **Charles Clark**, présentée par M. Jean Perrin.

L'objet de la présente Note est de signaler l'existence d'une relation empirique très simple permettant de déduire facilement la tension superficielle exacte des liquides à partir des lectures faites sur un tensiomètre à anneau du type Lecomte du Noüy. Une étude a été faite en vue de déterminer le domaine d'utilisation de cet appareil, spécialement en ce qui concerne les couches superficielles.

La méthode de l'anneau consiste à mesurer, au moyen d'un fil de torsion, le poids P de liquide soulevé par l'anneau et maintenu par les forces capillaires au moment même où, ce poids atteignant un maximum, l'équilibre est rompu et l'anneau arraché. Quelques auteurs ont conclu trop hâtivement que, R étant le rayon de l'anneau, P était relié à la tension superficielle γ par la relation $P = 4\pi R\gamma$. Ainsi que l'ont montré, entre autres, Harkins et ses collaborateurs, cette relation n'a de bases ni théoriques ni expérimentales, et les résultats que l'on obtient en l'appliquant peuvent dans certains cas différer de plus de 30 pour 100 des valeurs connues de la tension superficielle. Les auteurs précités ont proposé l'introduction d'un facteur de correction. Grâce à des mesures systématiques, ils ont dressé des tableaux permettant de calculer ce facteur ([1]).

([4]) *Astrophysical Journal*, 86, 1937, p. 212.

([1]) Harkins et Jordan, *Journ. Am. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 1751.

Néanmoins cela nécessite des extrapolations et l'usage des tableaux reste malgré tout trop laborieux.

Nous avons constaté que si, sur un graphique, on porte en abscisses les quotients des nombres P lus sur le tensiomètre par la densité d des liquides étudiés et en ordonnées les quotients, également par la densité, des tensions superficielles connues des liquides, les points obtenus s'alignent suivant une droite. Cette droite ne passe pas par l'origine. C'est-à-dire que l'on a, entre la tension superficielle γ et le nombre P, la relation $\gamma/d = a(P/d) - b$ où a et b sont des constantes. Nous avons vérifié cette relation avec une douzaine de liquides différents, les tensions superficielles, prises dans les tables, variant de 73 à 17 et les densités de 1,594 à 0,720. Les faibles écarts des points autour de la droite sont du même ordre de grandeur que les écarts trouvés par différents auteurs dans la détermination des tensions superficielles par les méthodes habituelles. De plus, en utilisant les chiffres obtenus par Harkins et Jordan avec trois liquides différents et 16 anneaux de calibres différents, nous avons obtenu une famille de droites, représentée par notre relation. b reste du même ordre de grandeur, mais a est d'autant plus grand que le diamètre de l'anneau est plus petit. Pour un tensiomètre et un anneau donné, il suffit donc de tracer une fois pour toutes la droite d'étalonnage au moyen de quelques liquides bien connus et de s'y reporter pour les mesures ultérieures.

Dans une étude théorique, B. B. et H. Z. Freud ([2]) admettent implicitement que les formes des ménisques intérieur et extérieur à l'anneau, et par suite les volumes correspondants, sont indépendants l'un de l'autre. Il nous a été possible de vérifier cette hypothèse. Nous avons constaté que, pour une couche monomoléculaire d'acide oléique étalée sur l'eau, l'anneau posé sur la surface pouvait constituer une barrière isolant la partie intérieure de l'extérieure. On peut, par suite, étaler une couche à l'intérieur et essuyer l'extérieur ou inversement ([3]). De la sorte on a des tensions superficielles différentes pour chacun des ménisques, alors que la densité reste la même, celle de l'eau.

En adaptant un cercle divisé à la vis qui permet d'élever ou d'abaisser le récipient contenant le liquide, il nous a été possible, sans aller jusqu'à la rupture, de mesurer à chaque instant la hauteur du liquide soulevé

([2]) *Journ. Am. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 1772.

([3]) Pour la technique de l'essuyage, voir J. Guastalla, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 241, et D. Dervichian, *Ann. de Phys.*, 11e série, 8, 1937, p. 400.

en même temps que son poids. Pour une même hauteur, le poids, et par suite le volume, du liquide soulevé, est plus petit lorsque la tension superficielle est plus faible. En ne modifiant la tension superficielle que d'un seul côté à la fois, on détermine dans quelle mesure chaque ménisque est modifié. La part de diminution due au ménisque extérieur est prépondérante. De plus, nous avons vérifié que la diminution totale de la somme des deux volumes est égale à la somme des diminutions des volumes extérieur et intérieur ; ce qui confirme l'indépendance des deux ménisques. Dans ce raisonnement, nous n'avons pas tenu compte de la partie du liquide soulevé comprise entre deux cylindres verticaux tangents intérieurement et extérieurement à l'anneau [4]. Pour une même hauteur, les variations de ce volume sont, en effet, négligeables en première approximation. Nous avons retrouvé ces résultats avec des couches différentes.

Le tensiomètre à anneau doit être utilisé avec un certain discernement lorsqu'il s'agit de l'étude des couches d'adsorption de substances solubles ou insolubles. En effet, si la couche est solide (acide stéarique ou surface d'une solution de saponine), l'opération de l'arrachement la brise et l'on obtient successivement des valeurs de plus en plus grandes de la tension. Il en est de même avec les couches gélifiées de protéines aux fortes concentrations. Avant de l'utiliser comme méthode de mesure pour un cas déterminé, il suffit donc de s'assurer que plusieurs mesures successives donnent le même nombre. On ne peut confondre les différences que l'on pourrait constater avec la variation connue de la tension superficielle des solutions avec le temps. Celle-ci est presque toujours une diminution et présente une tout autre allure que les augmentations brusques dues à la rupture de la couche superficielle.

ÉLECTRICITÉ. — *Remarques sur le potentiel explosif dans la vapeur de benzène.* Note de M. **Eugène Badareu**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons communiqué [1] les résultats d'expériences sur le potentiel explosif dans les vapeurs de benzène sous pression réduite. Les deux constantes fondamentales V_{min} (potentiel explosif minimum) et $(pd)_{min}$ (valeur correspondante du produit de la pression des vapeurs par la distance

---

[4] V_3 de l'article de B. B. Freud et H. Z. Freud.

[1] E. Badareu et L. Constantinesco, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 217.

des électrodes) étaient

$$V_{min} = 489 \pm 1 \text{ volt}; \qquad (pd)_{min} = 0,24 \pm 0,01 \text{ mm/cm}.$$

On peut interpréter théoriquement ces résultats expérimentaux. De la théorie élémentaire du potentiel explosif ([2]) on peut déduire les relations

$$(1) \qquad V_{min} = \eta_{min} \operatorname{Log}\left(1 + \frac{1}{\gamma}\right)$$

et

$$(2) \qquad (pd)_{min} = \frac{\operatorname{Log}\left(1 + \frac{1}{\gamma}\right)}{\left(\frac{\alpha}{p}\right)_0}.$$

Dans ces relations, η_{min} représente l'énergie minima dépensée par un électron pour produire une ionisation dans le gaz (dans un champ électrique uniforme), γ le rendement d'extraction des électrons de la cathode par le bombardement des ions positifs, α le nombre mesurant l'ionisation par chocs électroniques dans le gaz (nombre des paires d'ions primaires produits par un électron sur l'unité de longueur), enfin p la pression et $(\alpha/p)_0$ est l'ordonnée de la courbe de Townsend $\alpha/p = f(E/p)$ qui correspond à η_{min} ([3]). E représentant l'intensité du champ électrique.

En tenant compte de la signification de η_{min}, les relations (1) et (2) donnent

$$(3) \qquad \frac{V_{min}}{(pd)_{min}} = \eta_{min}\left(\frac{\alpha}{p}\right)_0 = \frac{\left(\frac{E}{p}\right)_0}{\left(\frac{\alpha}{p}\right)_0}\left(\frac{\alpha}{p}\right)_0 = \left(\frac{E}{p}\right)_0,$$

$(E/p)_0$ indique justement la valeur de l'abscisse correspondant à cette énergie minima η_{min}.

Pour la vapeur de benzène V_{min} est plus grand que pour les gaz étudiés jusqu'à présent ([4]), tandis que $(pd)_{min}$ est plus petit; par conséquent, le rapport de ces deux quantités est bien plus grand que pour les autres gaz.

Les relations ci-dessus montrent alors que η_{min} aussi bien que $(\alpha/p)_0$ doivent être grands pour la vapeur de benzène. Cela signifie, en premier lieu, que l'énergie dépensée par un électron pour produire une ionisation

---

([2]) A. v. Engel et M. Sternbeck, *Elektrische Gasentladungen*, 1934, Berlin, II, p. 43 et suiv.

([3]) *Ibid.*, I, p. 91 et suiv.

([4]) *Handb. d. Exp. Phys.*, **13**, 1929, 3, p. 129.

dans la vapeur de benzène est plus grande que pour les molécules plus simples.

Pour calculer exactement η_{min} il faudrait connaître la valeur de γ [et utiliser la relation (1)] qui n'a pas été déterminée précisément pour le benzène. Pourtant, en attribuant à γ des valeurs comparables à celles connues pour d'autres gaz similaires comprises entre 0,01 et 0,02, on peut obtenir une valeur approximative pour η_{min}. En effet, comme γ figure par son logarithme dans l'équation (1), les variations de γ influencent très peu les valeurs de η_{min}. Dans ce cas, on obtient pour η_{min}, dans la vapeur de benzène, la valeur 120 eV approximativement pour une ionisation par choc électronique. Cette valeur est très différente de celle qu'on obtient pour d'autres gaz, où γ est plus petit en général (pour N^2 on trouve 70 eV).

Ce résultat ne doit pas surprendre (même si l'on pense que le potentiel d'ionisation du benzène n'est que de 10 volts environ) si l'on considère toutes les possibilités d'absorption de l'énergie des électrons par les molécules du benzène : rotation, vibrations, excitations, dissociations, etc.

De même, la formule (3) indique que η_{min} correspond à une valeur de $(E/p)_0$ grande par rapport à celle des gaz étudiés jusqu'à présent. En effet, la relation (3) montre que $(E/p)_0$ dépasse la valeur 2000, alors que pour d'autres gaz on trouve les valeurs plus petites (203 pour H^2, 940 pour O^2, 822 pour CO^2).

On voit ainsi que les coordonnées du point η_{min} de la courbe de Townsend ont, pour les vapeurs de benzène, des grandes valeurs, comparées à celles relatives aux autres gaz. Cela signifie que la production de la décharge dans ces vapeurs exige l'intervention d'un plus grand nombre d'ions, pour qu'un électron sorte de la cathode, que pour d'autres gaz. Cela est d'ailleurs en concordance avec le choix fait plus haut d'une valeur relativement faible pour γ.

MAGNÉTISME. — *Sur la cause de l'anomalie de la magnétite aux basses températures.* Note (1) de M. **Robert Forrer**, transmise par M. Pierre Weiss.

M. R. S. Hilpert (2) met en évidence par des méthodes chimiques l'existence de deux espèces de magnétite (Fe^2O^3, FeO) qui se distinguent

(1) Séance du 27 juin 1938.

(2) *Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, 70, 1937, p. 1437.

par la faculté d'additionner ou non du chlore. M. Hilpert attribue à la première espèce une valence secondaire non saturée.

D'autre part la magnétite naturelle appartenant à la deuxième espèce présente, dans les mesures magnétiques, une anomalie à basse température qui se manifeste dans les champs faibles par une pointe aiguë de la courbe des susceptibilités, à — 138°C. environ ([3]), et dans les champs intenses ([4]) par une discontinuité de l'aimantation.

En étudiant le phénomène dans le champ moyen d'un appareil thermomagnétique, j'ai obtenu une augmentation de l'aimantation qui commence à — 138° et finit à — 118° C. (*fig.* 1). La température d'anomalie de

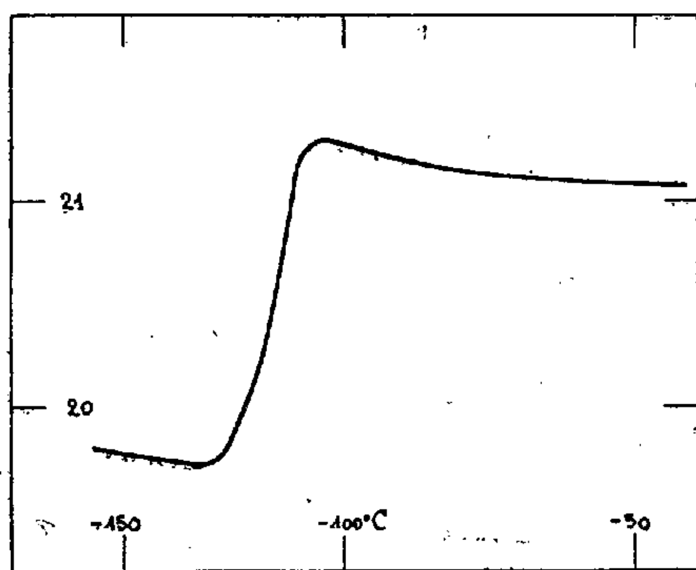


Fig. 1.

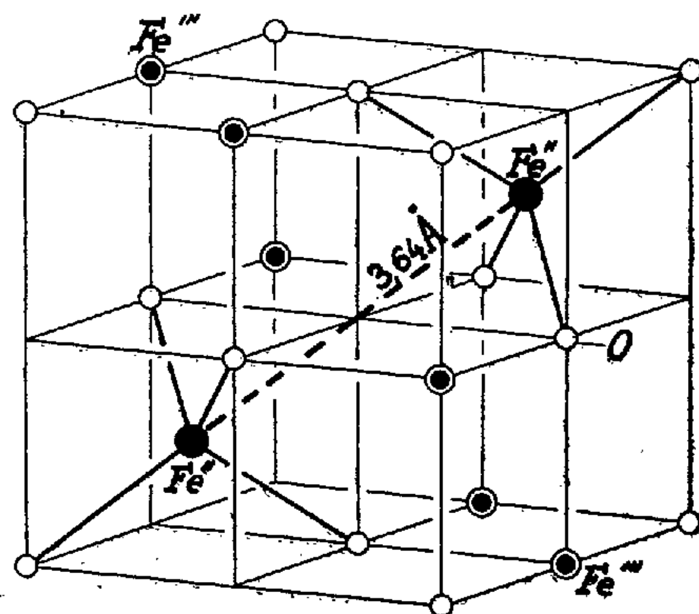


Fig. 2.

— 138° C. donnant un nombre d'interactions électroniques ([5]) N = 1/5, je considère ce point d'anomalie comme résultant de la rupture d'une *liaison entre les deux atomes de fer divalents* Fe — Fe situés à la distance de 3,64 Å et formant chacun avec quatre ions oxygène un groupe solidaire de cinq masses de grandeur atomique (voir *fig.* 2).

J'ai donc pensé que la première espèce de magnétite de Hilpert avec une valence ouverte du fer, celle qui additionne du chlore, ne doit pas posséder cette liaison et par conséquent être dépourvue de l'anomalie des basses températures. La détermination de cette anomalie devait donc constituer une méthode physique pour la distinction des deux espèces de magnétite.

En faisant l'expérience magnétique sur des magnétites des deux groupes

([3]) K. Renger, *Thèse*, Zurich, 1913.
([4]) P. Weiss et R. Forrer, *Ann. de Phys.*, 12, 1929, p. 279.
([5]) R. Forrer, *Journ. de Phys.*, 4, 1933, p. 427.

que M. Hilpert a bien voulu mettre à ma disposition, j'ai trouvé en effet que, sans exception, les magnétites du premier groupe, capables d'additionner du chlore, sont complètement dépourvues de l'anomalie des basses températures. L'anomalie n'a pas été trouvée davantage dans les ferrites (comme Fe^2O^3NiO ou Fe^2O^3MgO) où l'ion divalent Ni ou Mg est déjà saturé par l'oxygène. Par contre, les magnétites du deuxième groupe, celles qui sont préparées à haute température et la magnétite naturelle, présentent nettement l'anomalie.

Les expériences sur la fixation du chlore viennent donc à l'appui de l'interprétation que j'ai donnée de l'anomalie magnétique aux basses températures. Cette anomalie doit être attribuée à une liaison entre deux atomes de fer généralement considérés comme divalents, mais qui sont en réalité trivalents et liés l'un à l'autre par une valence supplémentaire.

OPTIQUE. — *Pouvoir rotatoire du quartz dans l'ultraviolet lointain et la région de Schumann.* Note de M. **Roger Servant**, présentée par M. Aimé Cotton.

En 1926 MM. J. Duclaux et P. Jeantet [1] ont fait avancer l'étude de la dispersion rotatoire du quartz dans l'ultraviolet en étendant les mesures au delà de 2150 Å jusqu'à 1854 Å. Mais d'après plusieurs auteurs [2] ces mesures demandaient à être confirmées en raison même de leur importance, car elles entraînaient la révision des formules de dispersion habituellement admises.

La relation proposée autrefois par Gumlich n'était plus valable [3]; la relation de la forme

$$\text{(I)} \qquad \rho = \frac{A}{(\lambda^2 - \lambda_0^2)} - \frac{B}{(\lambda^2 - \lambda_1^2)} - C,$$

à laquelle aboutissait un travail très important de T. M. Lowry et W. R. C. Coode-

(1) *Journal de Physique et le Radium*, 6e série, 7, 1926, p. 200, et A. Cotton, R. Descamps, J. Duclaux et P. Jeantet, E. Darmois, M. Pauthenier et G. Bruhat, *La Polarimétrie en lumière ultraviolette*, Paris, 1934.

(2) T. M. Lowry and C. P. Snow, *Proceedings of the Royal Society of London*, A. 127, 1930, p. 271, et T. M. Lowry, *Optical Rotatory Power*, London, 1935.

(3) MM. Duclaux et Jeantet ont proposé une formule de Drude à un terme. Il est à noter cependant que la formule à deux termes proposée autrefois par P. Drude lui-même pour remplacer celle de Gumlich traduirait mieux les résultats.

Adams (4) ne convenait plus et, d'après T. Bradshaw et G. H. Livens (5), il fallait adopter une formule assez différente

$$(II) \qquad \rho = \sum_{r=1}^{3} \left[\frac{A_r}{(\lambda^2 - \lambda_r^2)} + \frac{B_r}{(\lambda^2 - \lambda_r^2)^2} \right].$$

J'ai d'abord repris, avec une méthode différente (6), le travail de MM. Duclaux et Jeantet dans l'ultraviolet lointain. *D'autre part*, malgré les difficultés qui paraissaient, encore en 1935, insurmontables à T. M. Lowry (7), *j'ai prolongé cette étude* vers les courtes longueurs d'onde, au delà de 1854 Å, *dans la région de Schumann.*

Je me suis servi de mon spectropolarimètre dans le vide déjà décrit (8). J'ai utilisé en particulier les spectrogrammes à franges obliques obtenus avec différents compensateurs de Sénarmont (avec par exemple $\theta = 5°$ ou $2°$). Les séries de mesures faites sur un très grand nombre de clichés et dont le détail sera publié ailleurs sont concordantes. Elles permettent de construire la courbe de dispersion dont voici quelques points :

I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
1950...	315,5	1825...	391,5	1700...	504,5	1575...	678,5
1925...	328,5	1800...	410,5	1675...	533,0	1550...	724,0
1900...	342,5	1775...	431,5	1650...	564,5	1525...	776,0
1875...	357,5	1750...	453,5	1625...	599,5		
1850...	374,0	1725...	479,0	1600...	637,0		

I longueurs d'onde dans le vide en Å; II pouvoir rotatoire par millimètre (à 20°).

Au-dessus de 1850 Å, on retrouve les valeurs indiquées par MM. Duclaux et Jeantet. Au-dessous, *dans la région de Schumann*, où l'étude n'avait pas encore été faite, *on constate un énorme accroissement du pouvoir rotatoire* vers les courtes longueurs d'onde : ainsi le pouvoir rotatoire, qui pour l'orangé n'atteignait pas 22° par millimètre, est environ trente-cinq fois plus grand pour 1525 Å.

La comparaison (dont le détail sera publié ailleurs) de mes résultats avec les valeurs que l'on peut calculer par extrapolation des formules (I) et (II),

(4) *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, A, 226, 1927, p. 391.

(5) *Proceedings of the Royal Society of London*, A, 122, 1929, p. 245.

(6) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 476 et 1771.

(7) *Optical Rotatory Power*, London, 1935, p. 258.

(8) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 311.

citées plus haut, montre qu'elles sont également à réviser. La formule (II) et les conclusions théoriques que l'on pouvait en tirer cessent de s'imposer particulièrement.

Les résultats trouvés seront discutés avec ceux que j'ai déjà obtenus pour a biréfringence du quartz dans la région de Schumann (⁹).

EFFET RAMAN. — *Spectre Raman de l'ammoniac et de l'ion ammonium.* Note de M. **Georges Costeanu.**

Une étude plus poussée de l'effet Raman dans l'ammoniac liquide à — 40° nous a permis de constater à côté du triplet, déjà connu, deux nouvelles raies très faibles, de fréquence Δ_ν 3460 cm⁻¹ [1] et Δ_ν 3545 cm⁻¹.

Nous avions déjà prévu leur existence lors d'une étude du spectre d'absorption, entre 0$^\mu$,6 et 1$^\mu$,2 [2] de l'ammoniac liquide ou en solution aqueuse. On trouve toujours, en effet, un groupe de 5 bandes, qui peuvent correspondre aux 5 raies Raman.

Nous avons cherché alors si ces raies apparaissent aussi dans les solutions d'ammoniaque, dans la solution de Divers et dans une solution saturée de sulfocyanure d'ammonium dans l'ammoniac liquide [3].

On observe effectivement le même nombre de raies, mais leur position est influencée par la concentration de la solution.

Le tableau suivant donne à côté des raies Raman, déjà connues, les raies trouvées par nous-même (nombres en chiffres gras).

Raies excitatrices 3650 Å *et* 4046,55 Å.

NH^3 liquide	3210 F	3300 F	3380 F	**3460 f**	**3545 f**
NH^3 dissous sol. conc	3225 f	3310 F	3395 F	3509 f	**3575 f**
Solution 2 $CNSNH^4$.5 NH^3	3225 f	3290 F	3378 m	**3492 f**	**3568 f**
Solution de Divers (NO^3NH^4.2 NH^3)	**3221 f**	3304 F	**3386 m**	**3494 f**	**3567 f**

On voit qu'en présence de grandes quantités d'eau ou de sel d'ammo-

(⁹) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 230.

(¹) G. Costeanu, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1432.

(²) G. Costeanu, R. Fraymanu et A. Nahermiac, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 819; G. Costeanu et P. Barchewitz, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1499.

(³) On obtient facilement la solution de Divers et la solution saturée de sulfocyanure d'ammonium en faisant passer un courant de NH^3 sec sur NO^3NH^4 et $CNSNH^4$, purifiés, secs et refroidis à une température voisine de 0°.

nium la quatrième et la cinquième raie de l'ammoniac se déplacent toujours vers les grandes longueurs d'onde et d'une façon plus sensible que les trois autres.

Le déplacement en question est sensiblement indépendant de la concentration des solutions d'ammoniaque, dans le domaine étudié (20 à 50 pour 100 de NH^3).

Dans la solution de Divers et dans la solution de sulfocyanure d'ammonium nous avons trouvé des raies qui, à notre connaissance, n'avaient jamais été signalées.

Pour déterminer sûrement le groupement moléculaire auquel elles pourraient appartenir nous avons repris l'étude de l'effet Raman pour le nitrate d'ammonium, en solution de concentration comprise entre 200 à 300 pour 100. Dans ce dernier cas, il fallait maintenir la température au voisinage de 40° à 50°, pour éviter la cristallisation.

La bande de l'eau apparaissait toujours sur nos clichés, mais très faiblement.

Dans le tableau suivant nous comparons les raies Raman trouvées dans la solution de Divers et de sulfocyanure d'ammonium avec les raies du nitrate d'ammonium en solution très concentrée.

Raie excitatrice 4358 Å.

NO^3NH^4 dissous dans l'eau (1).......	–	1387 f	1456 f	1653 f	1685 f
Solution de Divers ($NO^3NH^4.2NH^3$)..	1303 f	1371 f	1410 f	1655 f	1689 f
Solution $2CNSNH^4.5NH^3$)..........	–	1387 f	1456 f	1653 f	1686 f

On pourrait attribuer à l'ion NH^{4+} les raies 1387 cm^{-1} et 1456 cm^{-1} données par la solution de sulfocyanure. Les raies très voisines, fournies, dans cette région, par la solution de Divers et par la solution concentrée de nitrate d'ammonium pourraient appartenir aussi bien à l'ion NH^{4+} et au groupement NO^{3-}. On sait que certains nitrates donnent un doublet dans la même région.

Les raies 1655 cm^{-1} et 1687 cm^{-1} données par les trois solutions peuvent être attribuées à l'ion NH^{4+}; elles sont très voisines de raies que plusieurs auteurs ont signalées dans cette région, en faisant le spectre Raman des sels d'ammonium en poudre.

---

(1) Pour les raies connues des groupements NO^3 et CNS, voir les *Tables de Constantes*.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur un radioélément produit dans le cadmium sous l'action des neutrons rapides.* Note de MM. **Maurice Dodé** et **Bruno Pontecorvo**, présentée par M. Jean Perrin.

Pour étudier les rayonnements corpusculaires très mous qui peuvent être émis par les radioéléments artificiels, il est nécessaire de disposer le corps émetteur en couche mince. Le cadmium étant considéré comme un des éléments qui s'activent avec le moins d'intensité sous l'action des neutrons lents, nous avions pensé pouvoir l'utiliser comme support pour y effectuer un dépôt électrolytique peu épais de l'élément étudié. Mais des essais préliminaires, dans lesquels on pouvait déceler des rayonnements de pouvoir pénétrant très faible, nous ont montré que le cadmium irradié par des neutrons présentait une radioactivité assez intense qui n'avait pas encore été signalée et dont il nous a paru intéressant de poursuivre l'étude.

Dans nos expériences, l'activité du cadmium irradié était détectée par un compteur G. M. à paroi très mince construit en s'inspirant des précieuses indications de MM. Bernardini et Bocciarelli. C'est un compteur à fil de tungstène de $0^{mm},1$ de diamètre, dont la paroi est constituée par une feuille d'aluminium de 5^{μ} d'épaisseur enroulée en un cylindre de 18^{mm} de diamètre et de 40^{mm} de hauteur utile. Le compteur est rempli d'air à la pression atmosphérique, ce qui permet d'utiliser la totalité de sa surface. La tension à partir de laquelle cet appareil commence à compter les électrons est voisine de 5000 volts.

Nous utilisions comme source de neutrons de 500 à 800 millicuries de Rn + Be; l'irradiation était effectuée en plaçant cette source dans l'axe d'un cylindre de cadmium. Dans un premier essai le tout était entouré de paraffine. Après une heure d'irradiation, nous avons observé un rayonnement intense et très absorbable. A notre grande surprise, ce rayonnement présentait un coefficient de sensibilité à la paraffine égal à l'unité, à la précision des mesures près. Tous les essais qui suivent ont par suite été effectués en l'absence de paraffine et en utilisant une épaisseur de cadmium de $0^{mm},06$.

La période du radioélément ainsi obtenu a été mesurée après des durées d'irradiation variant de 15 min. à 2 heures; elle est de 50 ± 5^{m} et ne correspond à aucune des activités déjà connues [4, 3 heures et 58 heures par neutrons lents, 33^{m} et 200^{m} par neutrons rapides de la réaction Li(d, n)] (M. S. Livingstone et H. A. Bethe, *Rev. Mod. Phys.*, juillet 1937).

L'absorption du rayonnement a été déterminée en interposant des feuilles d'aluminium entre le cylindre de cadmium et le compteur : une première épaisseur de 2/100 de millimètre d'aluminium réduit l'intensité du rayonnement de moitié. La courbe d'absorption n'est toutefois pas exponentielle car des épaisseurs respectives de 0,1 et $0^{mm},15$ d'aluminium laissent encore passer environ le 1/10 et le 1/20 du rayonnement. Ces résultats s'expliquent par la présence de très faibles radiations plus pénétrantes et de périodes supérieures à 2 heures que l'on met en évidence en utilisant un compteur ayant une paroi de $0^{mm},1$ d'épaisseur.

Le radioélément de période 50^{m} étant très facile à reconnaître du fait de la grande absorption de son rayonnement, nous avons effectué quelques séparations chimiques. Chaque essai a porté sur 50^{g} de cadmium métallique que l'on irradiait pendant une heure et que l'on attaquait ensuite par de l'acide nitrique concentré et bouillant. Deux séries de séparations ont été effectuées :

1° On ajoute $0^{g},1$ de nitrate d'argent et $0^{g},1$ de nitrate de palladium. On précipite l'argent en chlorure et le palladium en dioxime. Le précipité de palladium est complètement inactif. Quant à celui d'argent il présente bien une certaine activité, mais le rayonnement émis est beaucoup trop pénétrant pour pouvoir être confondu avec la radiation étudiée. Le cadmium, précipité ensuite à l'état d'oxyde, émet au contraire un rayonnement qui, à la précision des mesures près, possède bien le coefficient d'absorption déterminé plus haut. La radioactivité rencontrée dans l'argent s'explique facilement si l'on songe à la grande masse de cadmium irradié.

2° On ajoute $0^{g},1$ de nitrate d'argent et $0^{g},1$ de chlorure d'indium; on verse dans la solution froide un excès de cyanure de sodium, puis on précipite l'indium par ébullition. Le précipité ne possède qu'une faible activité, dont le pouvoir pénétrant est d'ailleurs nettement supérieur à celui du rayonnement mou émis par le radioélément de période 50^{m}.

On voit qu'il est donc très probable que l'élément émetteur du rayonnement très absorbable ($T = 50^{m}$) est un isotope du cadmium. Pour l'instant, il ne nous est pas possible d'indiquer la réaction nucléaire qui donne naissance à ce radioélément. L'intensité de l'activation n'étant pas sensible à la paraffine, il semble en effet raisonnable d'exclure une réaction de capture simple. D'autre part, une réaction du type n, $2n$ nous paraît également difficile à admettre, car l'intensité du rayonnement observé est

relativement très grande (500 coups/min. par curie de Rn + Be), et l'on sait que les neutrons ayant une énergie suffisante pour provoquer la réaction *n*, 2*n* ne constituent qu'une très petite fraction des neutrons émis par une telle source ([1]). Au surplus la valeur de 50^m ne paraît correspondre à aucune des périodes des radioéléments que l'on obtient avec les neutrons très rapides (Li + D). Notons enfin que le rayonnement émis étant très peu pénétrant, la période du radioélément paraît anormalement courte.

Nous croyons plus probable l'explication suivante : le processus d'excitation nucléaire par neutrons rapides sans capture correspond, surtout dans les éléments lourds, à une section efficace assez élevée, supérieure à 10^{-24} cm^2. Comme il n'est pas impossible qu'une partie des noyaux excités de cette façon puisse retomber sur un état métastable, le rayonnement de faible énergie observé correspondrait à une transition radiative (γ ou raie d'électrons de conversion) de l'état stable à l'état fondamental [isomères nucléaires stables du point de vue de la radioactivité β (B. Pontecorvo, *Travaux Congrès Palais Découverte*, Paris, 1938)]. L'étude de ce radioélément va être poursuivie.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude par réflexion des spectres d'absorption de substances organiques à l'état solide*. Note ([1]) de Mme **Thérèse Guilmart**, présentée par M. Jean Perrin.

L'étude de la structure des substances organiques par leur spectre d'absorption (ultraviolet et visible) a, en général, porté sur les solutions où peut se réaliser un équilibre entre isomères de spectres différents. Aussi avons-nous réalisé avec M. R. Freymann un dispositif d'étude par réflexion des spectres d'absorption des corps organiques à l'état solide. La description détaillée de ce dispositif se trouve dans un Mémoire qui paraîtra prochainement. Nous la résumerons brièvement.

Il utilise un spectrographe à prisme et optique de quartz pour l'ultraviolet, à réseau pour le visible. La lumière provenant, soit d'un tube à hydrogène pour l'ultraviolet,

([1]) G. Bernardini, *Ric. Scient.*, 8, 1937, p. 925.

([1]) Séance du 18 juillet 1938.

soit d'une lampe pointolite pour le visible, est mise au point par une lentille L, sur la substance étudiée; celle-ci est tassée sur de l'ouate dans un évidement pratiqué dans un bloc de laiton. Le faisceau réfléchi, repris par une autre lentille L_2, est envoyé sur la fente du spectrographe. Nous réduisons ainsi la diffusion de la lumière à l'intérieur du spectrographe (important pour les mesures quantitatives). Pour l'ultraviolet, diverses difficultés d'ordre optique ont été résolues comme suit : 1° l'axe du collimateur fait un angle de 30° avec celui de la source de lumière (pour réduire les phénomènes de polarisation; 2° la lentille L_2 est placée à une distance telle que l'image visible n'est pas nette sur la fente du spectrographe (pour réduire l'effet de l'aberration chromatique des lentilles).

Je suis arrivée, avec ce dispositif, non seulement à faire des études sur la position des bandes de divers composés organiques à l'état solide, mais également des mesures quantitatives sur l'intensité des bandes. J'ai observé diverses conditions nécessaires à la reproductibilité des spectres : broyage et tamisage des substances solides pour obtenir toujours le même grain de la poudre; maintien de la constance de la source lumineuse; photographie des spectres sur la même plaque. Pour l'étalonnage photométrique des plaques j'ai employé la réflexion sur le carbonate de calcium pur (substance qui n'est pas hygroscopique), en réduisant l'intensité de la source lumineuse par diverses grilles de densités déterminées. Ensuite, par les méthodes habituelles de la photométrie photographique, nous déterminons les courbes d'absorption en prenant pour abscisses les longueurs d'onde (ou la fréquence) et pour ordonnées le rapport résultant de la comparaison avec les densités des grilles. L'erreur relative sur la détermination de l'intensité est de 5 à 10 pour 100 environ.

A l'aide de ce dispositif (je ne parlerai ici que des spectres ultraviolets)

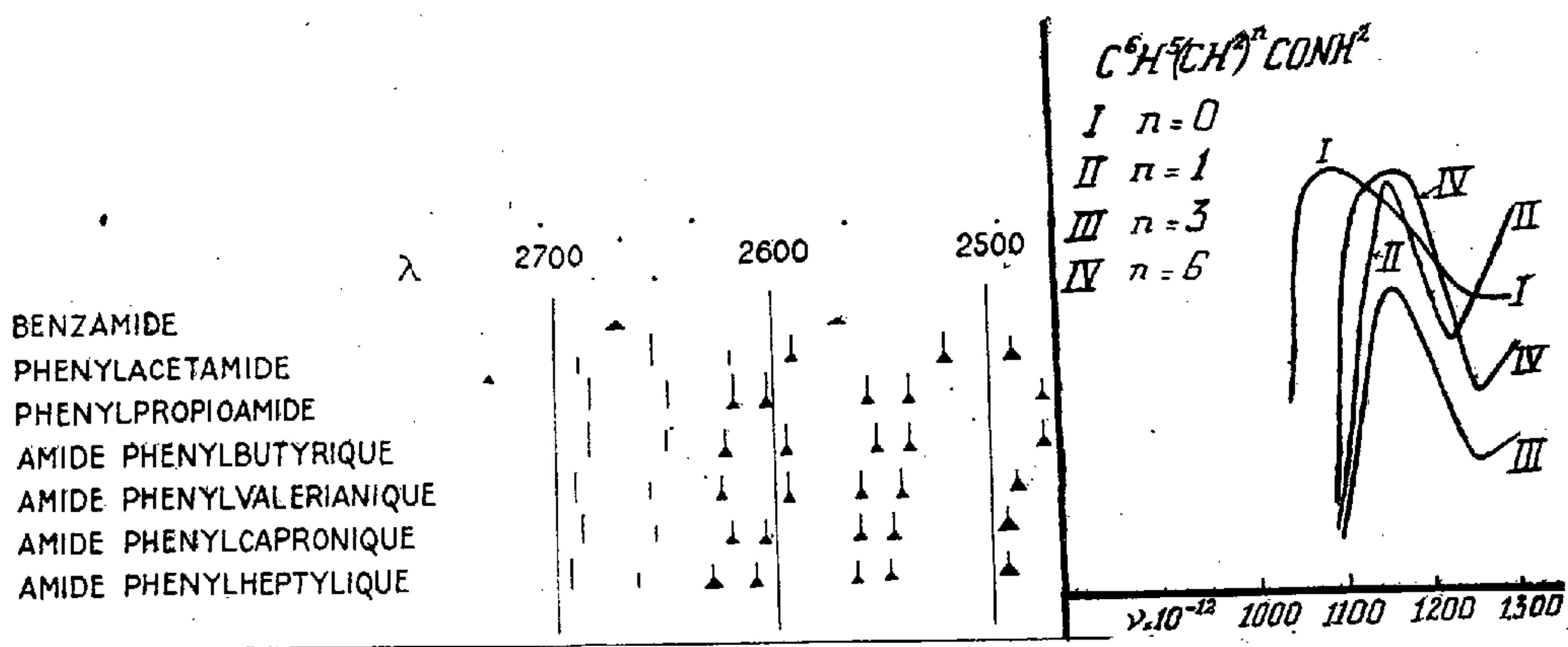


Fig. 1. Fig. 2.

j'ai effectué des recherches sur une série d'amides $C^6H^5(CH^2)^nCONH^2$ où $n = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$. J'ai étudié l'influence des deux chromophores C^6H^5 et $CONH^2$ le long de la chaîne carbonée : 1° en examinant la position et le nombre des bandes fines caractérisant la couleur limite du chromophore C^6H^5; 2° en mesurant l'absorption générale de ces mêmes corps.

1° Comme l'indique la figure 1, les bandes fines du chromophore C^6H^5 (que l'on trouve par exemple dans le toluène) se placent entre 2700 à 2300 Å. Lorsque les deux chromophores C^6H^5 et $CONH^2$ sont liés directement l'un à l'autre, l'influence du couplage est telle que le caractère individuel du chromophore C^6H^5 disparaît totalement (absence de bandes fines); au fur et à mesure que la chaîne carbonée augmente, les bandes fines apparaissent et augmentent d'intensité jusqu'au terme en C^4; pour les termes en C^5, C^6 et C^7 l'intensité des bandes diminue et elles semblent se déplacer vers les grandes longueurs d'onde.

2° D'autre part (*fig.* 2) les mesures quantitatives d'absorption générale sur les mêmes amides montrent que l'absorption diminue en passant du terme C^1 à C^4 et qu'elle augmente à nouveau pour C^5, C^6 et C^7. Ces résultats tendent à confirmer l'existence d'un enroulement de la molécule pour les termes en C^5, C^6 et C^7 comme l'a prévu Mme Ramart-Lucas (2). D'autre part ces données confirment la valeur de cette méthode d'étude des solides pour la caractérisation de la structure des substances organiques. Un grand nombre des corps organiques a d'ailleurs été étudié ainsi; le détail de ces expériences sera publié ultérieurement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'influence de la température sur la tension interfaciale du système huile de ricin-eau.* Note (1) de MM. **Jean-Jacques Trillat** et **Pierre Nardin**, présentée par M. Maurice de Broglie.

On sait que la tension superficielle d'un liquide pur est fonction décroissante de la température; à la surface de séparation de deux liquides, il n'en est pas forcément de même, et la tension interfaciale peut, dans certains cas, augmenter avec la température. C'est ce que nous avons observé en étudiant le système eau pure-huile de ricin.

Les mesures ont été effectuées par la méthode d'arrachement d'un anneau métallique, les unes après 2 minutes de contact huile-eau (valeurs dynamiques), les autres après 24 heures de contact (valeurs statiques). Les valeurs portées sur la figure 1 sont la moyenne de trois mesures coïncidant à 0,4 dyne/cm près.

---

(2) *Structure des molécules et spectres d'absorption* (*Traité de Chimie organique* de Grignard, 1934).

(1) Séance du 27 juin 1938.

Ces résultats montrent que, pour une température donnée du système eau-huile, la chute de tension interfaciale en 24 heures est d'autant plus grande que la température de l'expérience est plus basse; de plus, la tension statique (24 heures) croît d'abord rapidement avec la température pour tendre vers un palier, tandis que la tension dynamique n'augmente

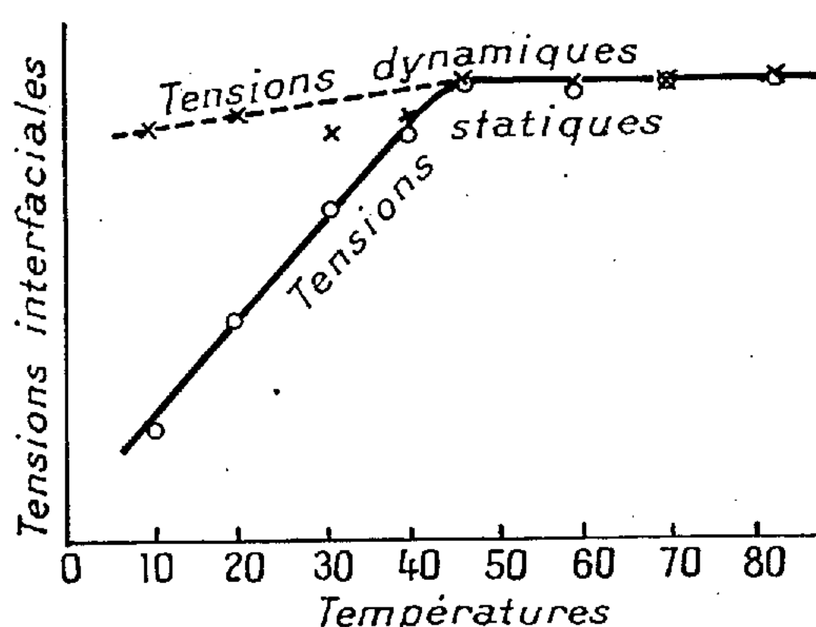


Fig. 1.

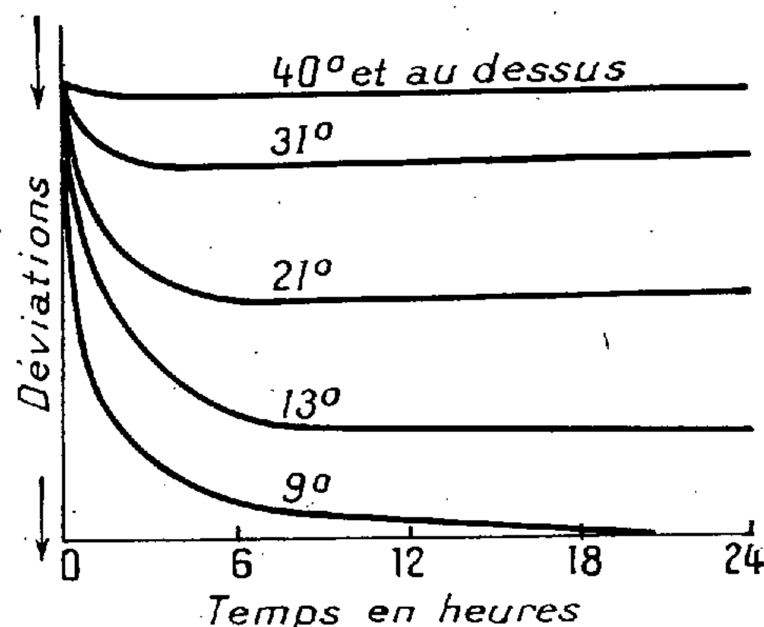


Fig. 2.

que très faiblement. On voit qu'au voisinage de 45°, les tensions interfaciales, mesurées dès le début du contact ou après 24 heures, deviennent identiques.

Ces variations de tension interfaciale sont confirmées par les enregistrements photographiques obtenus par la méthode de déplacement de l'anneau sous l'action d'une force constante (*fig.* 2), décrite antérieurement par l'un de nous ([2]); ces enregistrements confirment la chute rapide de la tension interfaciale dès le début du contact, et l'évolution des courbes vers un palier. Ils montrent en outre qu'au-dessus de 40°, il n'y a plus de variation de tension interfaciale en fonction du temps, ce qui est en parfait accord avec les mesures absolues.

Enfin des expériences de contrôle ont prouvé que l'huile de ricin seule, chauffée 24 heures aux températures précédentes, ne subissait pas d'altération décelable par l'une ou l'autre des deux méthodes.

Ces résultats peuvent s'interpréter en remarquant que l'huile de ricin est constituée de ricinoléides (principalement des triricinoléides), dont les molécules, possédant plusieurs centres actifs répartis sur leur longueur

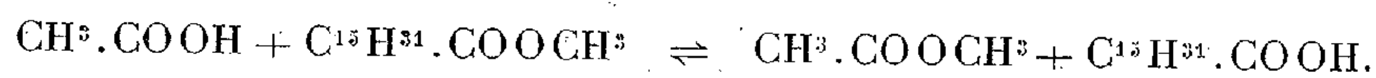
([2]) J.-J. Trillat, *Mémor. Sc. Phys.*, 36, 1938; J.-J. Trillat et R. Vaillé, *Journ. Ch. Phys.*, 33, 1936, p. 742.

(restes carboxyliques — double liaison — fonction alcool), se disposent à plat au contact d'une surface d'eau, comme cela a été prouvé par de nombreux auteurs (Langmuir, Woog, Dervichian). Cette orientation particulière est réalisée dès les premières heures du contact, et s'accompagne d'une baisse rapide de la tension interfaciale ; elle se complète ensuite lentement.

L'action de la température intervient pour s'opposer à l'orientation ; pour une température suffisante (voisine de 45°), l'effet d'orientation peut être totalement détruit par l'agitation thermique, qui rend donc impossible toute organisation interfaciale. Il y a dès lors moins de raisons pour que la tension interfaciale se modifie jusqu'à 100°, soit en fonction du temps, soit en fonction de la température, et c'est bien, en effet, ce que montrent nos expériences.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude cinétique des phénomènes d'acidolyse.* Note de MM. **Henry Gault** et **André Chablay**, transmise par M. Marcel Delépine.

Nous avons communiqué (¹) les premiers résultats de nos recherches sur le déplacement de l'acide organique d'un éther-sel méthylique du type $R.COOCH^3$ par un autre acide $R'.COOH$, R et R' étant tous deux des radicaux acycliques à chaîne saturée normale, dans le cas du système réversible *acide acétique, palmitate de méthyle, acétate de méthyle, acide palmitique*



$$CH^3.COOH + C^{15}H^{31}.COOCH^3 \rightleftharpoons CH^3.COOCH^3 + C^{15}H^{31}.COOH.$$

Nous avons établi que le système est en équilibre quand la moitié environ de l'acide mis en réaction a été transformée en éther-sel.

Nous avons étendu ces recherches aux systèmes réversibles correspondant à l'action sur le *palmitate de méthyle* des acides *propionique*, *butyrique*, *valérique* et *caproïque* et nous résumons dans la présente Note une partie des résultats que nous a fournis l'étude cinétique de ces cinq systèmes.

1. *Détermination de la constante d'équilibre* K. — Nous avons fait réagir, en tubes scellés (¹), l'acide et l'éther-sel, en proportions équimoléculaires et à température rigoureusement constante. Soient x_l le nombre de molécules d'acide transformé à l'équilibre et ρ le nombre de molécules d'acide

(¹) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 729.

mis en œuvre pour *une* molécule d'éther-sel. K est calculé par la formule connue des réactions bimoléculaires réversibles

$$K = \frac{x_l^2}{(\rho - x_l)(1 - x_l)}.$$

Les déterminations que nous reproduisons dans le tableau ci-dessous ont été effectuées à la température de 175° : pour cette température, l'équilibre est atteint au bout de trente jours environ. Il semble résulter des essais que nous avons faits à diverses températures que, comme pour l'éthérification, K est indépendant de la température.

Acide.	ρ.	Palmitate de méthyle.	x_l.	K.
Acétique............	1,008	1 mol.	0,511 mol.	1,074
Propionique.........	1,008	»	0,507 »	1,040
Butyrique *n*..........	1,000	»	0,508 »	1,096
Valérique *n*..........	1,000	»	0,503 »	1,024
Caproïque *n*..........	1,007	»	0,499 »	0,997

Ces résultats montrent que, à l'équilibre, les quatre corps en présence sont en proportions équimoléculaires, à raison, très sensiblement, de 1/2 molécule de chacun d'entre eux.

II. *Influence de la concentration.* — En donnant à ρ les valeurs successives 1, 2, 3, 4, 5, ..., nous avons enregistré les résultats suivants :

	Acide acétique			Acide propionique			Acide butyrique	
K.....	1,074			1,040			1,096	
	x_l			x_l			x_l	
ρ.	calculé.	trouvé.	ρ.	calculé.	trouvé.	ρ.	calculé.	trouvé.
1,003...	0,511	0,511	1,008...	0,507	0,507	1,000...	0,508	0,508
1,984...	0,675	0,677	2,000...	0,672	0,680	2,000...	0,680	0,677
3,000...	0,761	0,760	3,012...	0,757	0,769	3,000...	0,763	0,757
4,000...	0,809	0,810	4,017...	0,806	0,819	4,000...	0,818	0,824
5,021...	0,843	0,839	5,037...	0,840	0,853	5,000...	0,843	0,868

	Acide valérique			Acide caproïque	
K............	1,024			0,997	
	x_l			x_l	
ρ.	calculé.	trouvé.	ρ.	calculé.	trouvé.
1,000........	0,503	0,503	1,007........	0,499	0,499
2,004........	0,674	0,675	1,994........	0,658	0,663
3,068........	0,758	0,766	2,992........	0,746	0,760
4,010........	0,804	0,809	3,987........	0,795	0,804
4,987........	0,838	0,829	5,000........	0,828	0,835

Ces tableaux montrent que l'accord est très satisfaisant entre le calcul et l'expérience et que la loi du déplacement de l'équilibre par variation de la concentration s'applique aux phénomènes d'acidolyse que nous avons étudiés sans que l'on puisse relever aucune différence notable entre les cinq premiers termes de la série des acides acycliques à chaîne saturée normale.

Il est à noter que les quatre systèmes réversibles étudiés ne comportent qu'*une seule phase, liquide*, de telle sorte que l'équilibre ne peut être déplacé par la séparation de l'un de ses facteurs. Nous sommes ainsi amenés à penser, en raison du lien étroit qui existe entre l'acidolyse et l'éthérification, qu'il nous sera possible de rectifier les constantes d'éthérification relatives aux systèmes pour lesquels la séparation de l'eau formée trouble inévitablement les résultats expérimentaux.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur l'altération des silex crétacés, dans les* Sables supérieurs *de la Perte du Rhône, à Bellegarde.* Note de M. **Henri Vincienne**, présentée par M. Lucien Cayeux.

Aux grès rougeâtres qui terminent l'Albien se superpose, à la Perte du Rhône, sans discontinuité apparente, la série sans fossiles des *Sables supérieurs*, épaisse de 20 à 30^m. Ces sables, verdâtres à la base, deviennent jaunâtres vers le haut; ils contiennent, à la partie supérieure et déjà à quelques mètres de la base, un très grand nombre de silex. Ils ont reçu diverses attributions depuis le Gault lui-même jusqu'à l'Éocène.

Les silex y sont à l'état de fragments peu roulés, souvent anguleux, généralement de petite taille (de la taille d'une noix à celle du poing) et résultant du morcellement de rognons plus volumineux. L'examen microscopique m'y a montré une faune du Crétacé supérieur (spicules d'Éponges, Globigérines, Textillaires), très analogue à celle que l'on observe dans les calcaires de cet âge, à 15^{km} plus au Nord, entre Chézery et Lélex. C'est à ce groupe qu'ont été empruntés les silex des Sables supérieurs, qui résultent donc bien du remaniement, au Tertiaire, des formations sénoniennes et albiennes. Notre observation corrobore l'opinion de plusieurs auteurs [1] (Douxami, Doncieux) et me semble rendre impossible l'attribution des *Sables supérieurs* au Gault ou au Cénomanien.

---

[1] Toutefois, par analogie avec d'autres séries de la région, qui m'ont fourni quelques fossiles stampiens, j'ai tendance à attribuer les *Sables supérieurs*, non à l'Eocène, mais à l'Oligocène.

Macroscopiquement les silex sont en général entièrement constitués par la matière blanche, plus ou moins poreuse, fissurée, qui forme la patine habituelle des silex; rarement, un ou plusieurs noyaux, de très petite dimension par rapport à la masse de la patine, de silex corné, gris brunâtre ou bleuâtre, apparaissent au cœur du fragment lorsqu'on le casse, ou sur sa tranche lorsqu'il a été brisé par des actions naturelles. J'ai observé dans ce cas un passage assez progressif de la patine au silex corné : sur les bords, celui-ci devient plus clair, puis il s'entoure d'une première couche de patine blanche à aspect porcelané, plus ou moins épaisse et régulière, mais compacte, et qui, à son tour, s'enveloppe d'une deuxième couche de patine blanche, poreuse et à aspect crayeux. Cette disposition en couches concentriques, grossièrement parallèles au contour externe du silex, réalisée sur des fragments cassés au gré du hasard, ne peut être une disposition originelle, acquise au cours de la formation même du silex, et ne peut s'expliquer que par des phénomènes d'altération postérieurs, qui, partant de la périphérie du fragment, ont été suffisamment poussés pour l'altérer tout entier, ou pour ne laisser subsister que des noyaux très réduits du silex corné. L'absence complète, parmi les silex des Sables supérieurs, d'échantillons cornés et non patinés, comparables à ceux que l'on trouve en place dans le Crétacé supérieur de la région, confirme le rôle des altérations dans la formation des patines de ces silex.

Sous le microscope, les silex examinés sont cryptocristallins et ne renferment aucun témoin de craie; les zones concentriques y sont bien différenciées, quoiqu'il y ait passage progressif de l'une à l'autre. Elles diffèrent surtout par la proportion d'opale qu'elles contiennent. La *zone du silex corné*, surtout formée de calcédonite, est la plus riche en opale; celle-ci, imperceptiblement disséminée, voile les effets de polarisation de la calcédonite. En outre elle se présente en pigmentation dense et fine, brun foncé en lumière naturelle, et en corpuscules noirâtres, qui tranchent sur le fond brun clair de la zone, sur lequel se détachent, en calcédonite assez largement cristallisée et claire, les restes de microorganismes (spicules et Foraminifères). La *zone de la patine blanche compacte* contient une calcédonite plus pure, quoique encore un peu voilée par l'opale; elle est également brun clair en lumière naturelle, mais la pigmentation générale a disparu. Au contraire, l'opale a tendance à s'y rassembler en corpuscules noir brunâtre et même en quelques taches assez larges; elle imprègne souvent aussi les microorganismes. La *zone de la patine blanche poreuse*, constituée d'une calcédonite plus pure et presque limpide en

lumière naturelle, ne renferme plus que quelques taches floconneuses d'opale, rappelant la zone précédente par leur couleur brunâtre. L'opale y imprègne plus ou moins les débris organisés, qui ressortent en brun sur le fond clair de la zone. Mais plus on s'éloigne du centre corné, plus le silex devient limpide en lumière naturelle, plus les taches brunâtres d'opale s'amenuisent et disparaissent, plus les restes fossiles se débarrassent de l'opale qu'ils contenaient et deviennent invisibles. La calcédonite y polarise mieux et sans voile : il semble que l'opale ait en grande partie disparu, probablement entraînée en solution, comme l'indique la porosité générale de la zone. Le silex paraît donc évoluer, du centre à la périphérie, vers la désopalisation. Cette altération a pu succéder à un processus antérieur d'opalisation qui expliquerait ici la présence d'une proportion relativement forte d'opale dans le silex à apparence corné.

Nos observations diffèrent de celles qui ont été faites par M. Cayeux sur les silex *in situ* dans la Craie du Bassin parisien, dont les patines, presque toujours enrichies en opale, datent de l'origine même des silex. Il est donc trompeur de se fier aux apparences macroscopiques pour conclure à l'absence ou à la présence de l'opale dans un silex.

En résumé l'étude des silex des Sables supérieurs de la Perte du Rhône y montre l'existence de patines d'altération engendrées postérieurement au remaniement des silex et qui semblent évoluer vers l'élimination de l'opale. Faute de documents suffisants, je ne saurais dire s'il y a une relation entre l'importance des patines d'altération étudiées et le milieu sableux qui a favorisé la circulation des eaux dissolvantes. Je signalerai toutefois la présence presque exclusive de silex blancs, altérés dans toute leur masse, au sein des sables de la région (Sidérolithique, Stampien de la vallée des Usses).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la germination de* Lepidium sativum *L. en présence de sel.* Note de M. **Charles Sauvage**, présentée par M. Marin Molliard.

L'étude des plantes halophiles pose, dès l'abord, le problème de leur germination et de leur croissance aux dépens des réserves de leurs graines. J'ai tenté, en opérant sur *Lepidium sativum* L, de montrer comment intervenait dans ces phénomènes la salinité du milieu de culture.

Toutefois avant d'aborder cette étude, j'ai été amené à rechercher des

conditions de cultures optimum pour les plantes vivant sur milieu non nutritif et non salé. Après avoir abandonné la gélose, milieu solide, et l'eau, milieu liquide, qui ralentissent l'une et l'autre la pénétration de l'oxygène, j'ai tenté d'élever les plantules en faisant croître la racine entre deux couches de papier Joseph imbibé d'eau. Au bout d'un séjour de huit à dix jours à l'obscurité, la racine a achevé sa croissance. On mesure sa longueur L et l'on détermine pour chaque plantule son poids sec P_s et la quantité d'eau P_{H^2O} abandonnée par dessiccation. Trois expériences (A, B et C) dans lesquelles une quantité d'eau, croissante d'une expérience à l'autre, est mise à la disposition de la plantule, m'ont donné les résultats suivants (rapportés au poids de la graine P_g) :

Poids de la graine en milligrammes...	1,5.	1,6.	2,0.	2,1.	2,2.	2,3.	2,4.	2,5.	2,6.	2,8.
					L en millimètres.					
A	67	16	74	–	–	69-130	66	161	–	89
B	–	–	84	–	94	–	117-121	–	124	–
C	–	94	85-130	78-94	134	–	142	–	–	116

La valeur moyenne de L augmente quand on passe de A à B, puis à C; par contre les écarts entre les valeurs extrêmes diminuent considérablement. Dans les mêmes conditions, P_s et P_{H^2O} ne varient pas d'une façon appréciable. Donc, chaque expérience réalise sur la précédente un progrès vers les conditions d'humidité optimum. Mais, dans les limites d'expérimentation choisies, la quantité d'eau mise à la disposition de la plantule n'influe que sur les phénomènes de croissance.

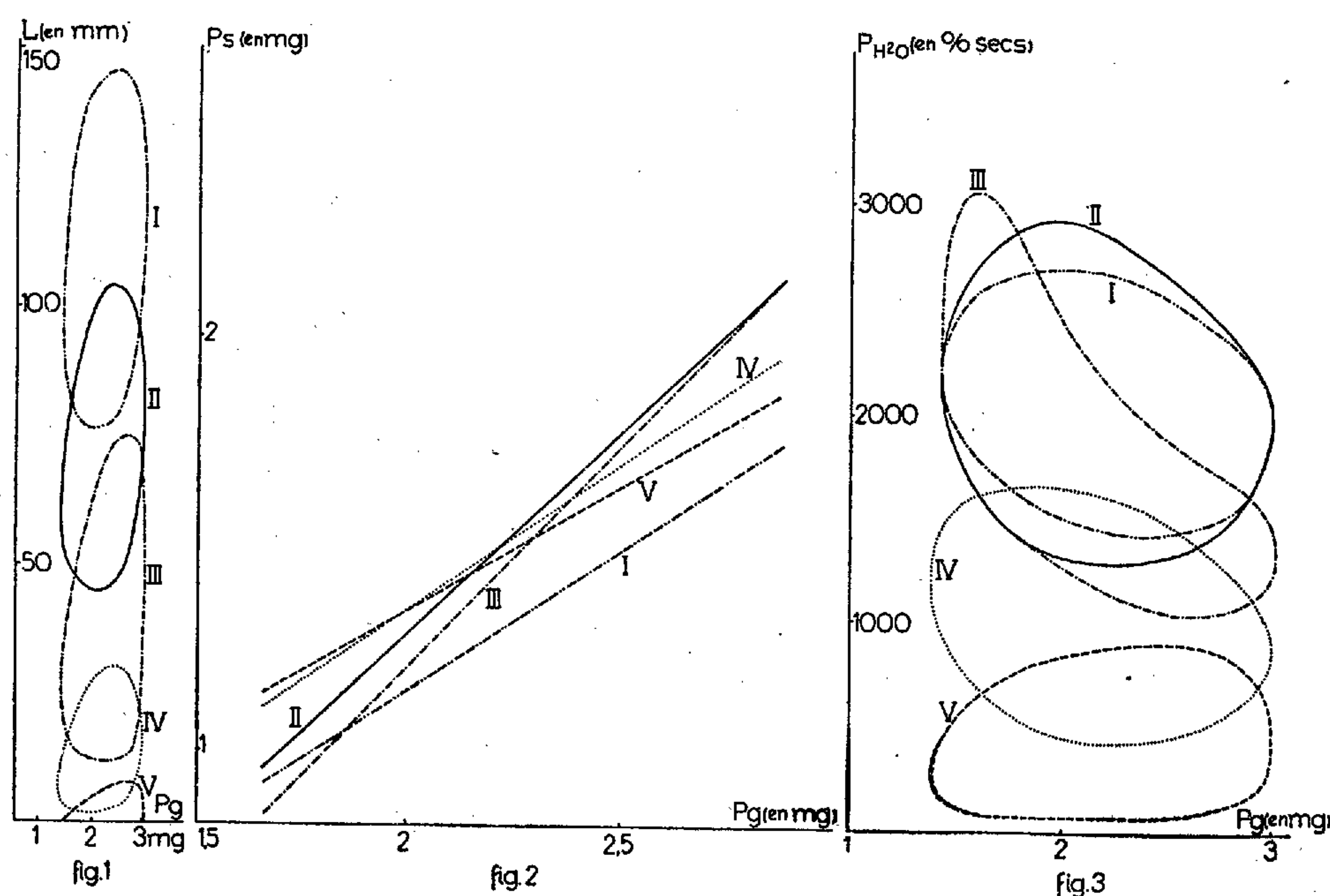
Adoptant les conditions d'expérimentation (en particulier d'humidité) réalisées dans l'expérience C, on peut aborder l'étude de l'action de la salinité. Dans les cinq expériences (I à V), exposées maintenant, la salinité passe de zéro (expérience témoin I) à 0,10N (II), 0,17N (III), 0,24N (IV) et enfin 0,25N (V). Les résultats ont été exprimés en fonction du poids de la graine Pg dans les figures 1 à 3.

a. Longueur de la racine L (*fig.* 1). — Les courbes I à V englobent les points correspondant aux différentes salinités étudiées. Les aires définies empiètent les unes sur les autres, mais montrent une diminution progressive de la valeur moyenne de L au fur et à mesure que la salinité augmente. La salinité limite, à laquelle cessent germination et croissance, serait de l'ordre de 0,30N.

b. Poids sec P_s. — Comme les téguments de la graine entrent dans son poids pour une proportion assez régulière (le quart environ), la figure 2

montre que le poids sec de la plantule, ayant atteint son développement maximum en vivant sur ses seules réserves, est d'autant plus grand que les réserves sont plus abondantes et cela, selon une loi linéaire.

L'accumulation du sel dans les plantules, que la disposition des droites met schématiquement en évidence, passe par un maximum pour les salinités de 0,10 N à 0,17 N et diminue ensuite : dans les séries très salées, la diminution de la longueur et du volume de la racine a une influence prépondérante. Toutefois, pour de faibles poids de la graine, l'accumulation de sel ne cesse pas de croître.



c. Poids d'eau P_{H_2O} (*rapporté au poids sec*) (*fig.* 3). — Les points expérimentaux définissent à nouveau des aires, qui, par leur disposition, rappellent celles de la figure 1. Le poids moyen diminue parallèlement à la longueur de la racine quand la salinité augmente. Mais cette diminution n'est sensible qu'à partir de la salinité de 0,17 N : pour de faibles salinités, l'accumulation de sel est compensée par une accumulation plus grande d'eau. Notons enfin que la diminution de P_{H_2O} est de l'ordre de 75 pour 100, quand on passe du milieu sans sel au milieu salé extrême, à 0,26 N.

En résumé, ces expériences mettent en évidence dans la germination de *Lepidium sativum* L en présence de sel, l'influence de la salinité sous les

formes suivantes : diminution de la croissance allant jusqu'à l'arrêt ; augmentation du poids sec par accumulation de sel, ce second effet étant contrecarré par le premier à partir d'une concentration moyenne de 0,17 N, lorsque les réserves de la graine sont suffisantes ; enfin, diminution du poids d'eau (rapporté au poids sec) corrélative du premier effet.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *De la répartition du fer et du manganèse dans les érables de la province de Québec.* Note de MM. **Paul Riou** et **Gérard Delorme**, transmise par M. Paul Lebeau.

Après avoir étudié la répartition du fer et du manganèse dans les conifères du Québec (¹), nous avons entrepris de doser ces métaux dans les arbres à feuilles caduques. Notre étude a d'abord porté sur la famille des Acéracées. Comme pour les conifères, nous avons fait nos déterminations sur des arbres provenant de différentes régions de la province de Québec, où la saison d'été est courte et la croissance rapide. La méthode d'analyse employée est la même que celle que nous avons suivie pour les conifères : dosage colorimétrique du manganèse par le persulfate de potassium et du fer par le sulfocyanure de potassium. Les résultats que nous indiquons ci-dessous se rapportent à la matière séchée à l'étuve.

Dans le tableau, nous donnons

1° les pourcentages de cendres pour les différentes espèces, dans chacune des parties de l'arbre;

2° les pourcentages de fer;

3° les pourcentages de manganèse des différents érables.

	Acer						
	saccharum.	*negundo.*	*pennsylvanicum.*	*spicatum.*	*saccharinum.*	*rubrum.*	*nigrum*
	Cendres pour 100.						
Écorce……	7,68	8,60	7,25	5,35	3,72	5,35	11,17
Rameaux….	2,47	2,67	2,47	1,87	2,14	2,36	4,75
Feuilles…..	5,66	9,76	6,81	6,09	5,88	4,73	7,13
Aubier……	0,40	0,66	0,57	0,33	0,51	0,42	0,55
Cœur…….	0,60	1,28	0,46	0,52	0,41	0,68	0,78

(¹) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1811; **203**, 1936, p. 688, et **205**, 1937, p. 743.

Fer pour 100.

Écorce......	0,0086	0,0195	0,0064	0,0091	0,0100	0,0084	0,0097
Rameaux....	0,0055	0,0056	0,0047	0,0056	0,0040	0,0041	0,0018
Feuilles.....	0,0179	0,0235	0,0142	0,0191	0,0181	0,0125	0,0100
Aubier......	0,0027	0,0013	0,0009	0,0012	0,0012	0,0014	0,0010
Cœur	0,0018	0,0020	0,0012	0,0017	0,0035	0,0019	0,0015

Manganèse pour 100.

Écorce......	0,0261	0,0039	0,0250	0,0128	0,0191	0,0270	0,0087
Rameaux....	0,0170	0,0020	0,0148	0,0068	0,0077	0,0148	0,0015
Feuilles.....	0,0220	0,0038	0,0175	0,0083	0,0144	0,0301	0,0050
Aubier......	0,0059	traces ([a])	0,0048	0,0012	0,0020	0,0046	0,0020
Cœur	0,0055	traces ([b])	0,0070	0,0017	0,0022	0,0054	0,0020

([a]) Cinq échantillons sur sept ne contenaient pas de manganèse.
([b]) Six échantillons sur sept ne contenaient pas de manganèse.

De ces chiffres nous tirons les conclusions suivantes :

1° La teneur en cendres varie, dans les différentes parties de l'arbre, de façon semblable pour les sept érables.

2° La somme des teneurs en fer et en manganèse présente la même régularité pour tous les érables, à l'exception de l'*Acer negundo*.

3° Cette dernière espèce se distingue nettement des six autres en ce qu'elle contient très peu de manganèse et que l'aubier et le cœur en sont pratiquement dépourvus.

4° Toutes les parties des érables, sauf le cœur et l'aubier de l'*Acer negundo*, contiennent du manganèse.

5° Le fer existe en quantité plus grande dans les feuilles que dans toute autre partie, tandis que le manganèse semble s'accumuler surtout dans l'écorce.

PHYSIOLOGIE CELLULAIRE. — *Rôle des groupements sulfhydrilés dans l'activité de l'oxydoréductase du triosephosphate.* Note de M. **Louis Rapkine**, transmise par M. Maurice Caullery.

Il a été établi ([1]) que la division cellulaire peut être bloquée par l'acide monoiodacétique dans des conditions convenables de concentration, de pH

([1]) J. Runnström, *Biol. Bull.*, 69, 1935, p. 351 ; L. Rapkine, *J. Chim. Phys.*, 34, 1937, p. 416.

du milieu et de température. L'action de cet acide halogéné paraît surtout porter sur les groupements —SH de la cellule, ainsi qu'il ressort des travaux de Dickens ([2]), de moi-même ([3]) et de Schubert ([4]). Les données expérimentales que j'ai obtenues sur l'œuf d'Oursin et la levure ([5]) m'ont conduit à attribuer un rôle particulièrement important aux protéines sulfhydrilées au cours de la division cellulaire. Il m'a donc paru intéressant d'examiner *in vitro* certains systèmes protéiques, tels que les diastases qui sont inactivées par l'acide monoiodacétique et de voir si leur activité dépend ou non des groupements —SH de leur molécule. Si ces groupements sont indispensables, on doit pouvoir inactiver la diastase en les oxydant. Si l'action de l'oxydant a été suffisamment ménagée, on peut espérer restituer à la diastase son activité primitive en faisant agir sur elle des réducteurs.

Il existe déjà de nombreux travaux concernant les groupements —SH et l'activité des diastases hydrolytiques, mais on ne connaît concernant les diastases oxydantes (déshydrogénases) que les faits établis par F. G. Hopkins ([6]). Cet auteur a tout récemment montré que l'activité de la succinodéshydrase dépend de la présence de radicaux —SH dans sa molécule.

J'ai choisi parmi les diastases oxydantes une de celles dont l'inactivation par l'acide monoiodacétique, à de faibles concentrations, est bien établie ([7]). C'est la diastase qui effectue l'oxydation du triosephosphate en acide phosphoglycérique par oxydo-réduction aux dépens d'un acide α-cétonique (tel que l'acide pyruvique qui est réduit en acide lactique).

La solution diastasique est préparée et son activité est mesurée dans les conditions indiquées par D. E. Green, D. M. Needham et J. G. Dewan ([7]).

Étant donné que l'oxydation du triosephosphate aboutit à la production d'un acide, on suit manométriquement la réaction en ajoutant à la solution diastasique, outre le substrat et l'acide α-cétonique, du bicarbonate de sodium. Les mesures manométriques sont faites indifféremment en présence ou en absence d'oxygène. On emploie comme substrat l'hexosedi-

---

([2]) *Biochem. J.*, 27, 1933, p. 1141.
([3]) *C. R. Soc. Biol.*, 112, 1933, p. 790 et 1294.
([4]) *J. Biol. Chem.*, 116, 1936, p. 437.
([5]) *Ann. Physiol.* et *Phys. chim. biol.*, 7, 1931, p. 382; L. Rapkine, *loc. cit.* ([1]).
([6]) *Biochem. J.*, 32, 1938, p. 611.
([7]) D. E. Green, D. M. Needham et J. G. Dewan, *Biochem. J.*, 31, 1937, p. 2327.

phosphate de magnésium qui, en présence de zymohexase, se transforme en triosephosphate ([8]).

Pour oxyder les groupements —SH de la diastase, j'emploie soit le glutathion oxydé, soit l'iode. Ce dernier agit très rapidement à la concentration M/330, tandis que le glutathion oxydé, étant un oxydant très doux, doit agir pendant au moins 4 à 5 heures, et à des concentrations relativement élevées, par exemple M/60. Les oxydations sont effectuées à l'abri de l'air dans des tubes de Thunberg et à la température de 30°.

Selon la durée de l'action et la concentration des oxydants, on obtient avec le gluthation oxydé des inhibitions allant de 60 à 93 pour 100 environ, et avec l'iode de 60 à 88 pour 100.

Pour m'assurer que l'oxydation n'a pas été trop profonde, j'ai cherché à restituer à la diastase son activité. J'ai employé pour cela des réducteurs doux comme le glutathion réduit, la cystéine et l'hydrogène sulfuré. Les deux premiers réducteurs sont utilisés à la concentration M/35.

Lorsque l'oxydation a été effectuée par le glutathion oxydé, j'en élimine par dialyse l'excès avant d'opérer la réduction de la diastase. Il faut tenir compte alors de la diminution d'activité de la diastase due à la dialyse, ainsi que de l'absorption d'oxygène par les réducteurs employés. Dans ces conditions, la réactivation dépend du degré d'inhibition obtenu par les oxydants. De façon générale, un traitement de trois heures en présence de glutathion réduit M/35 permet de restaurer 90 pour 100 environ de l'activité primitive de la diastase. En présence de cystéine M/35 la réactivation est de 100 pour 100. Lorsque l'oxydation a été effectuée par l'iode, il est aisé de ne pas avoir un excès de ce réactif, mais la restitution de l'activité diastasique est relativement plus difficile. Toutefois, si avant l'oxydation on a privé la diastase de cozymase (par adsorption sur du charbon actif), on peut, en la réduisant par l'hydrogène sulfuré, lui restituer 85 pour 100 environ de son activité, pourvu que l'on ajoute au système de la cozymase.

Outre l'effet des oxydants et des réducteurs, j'ai aussi examiné l'action sur la diastase de l'oxydule de cuivre. Ce composé réagit particulièrement vite avec les groupements —SH en formant des dérivés cuivreux du type RSCu ([9]). L'addition de 100^{mg} d'oxydule de cuivre en suspension à 5^{cm^3} de

---

([8]) O. Meyerhof et K. Lohmann, *Biochem. Z.*, 271, 1934, p. 89.

([9]) F. G. Hopkins, *J. Biol. Chem.*, 84, 1929, p. 269; N. W. Pirie, *Biochem. J.*, 25, 1931, p. 614.

solution diastasique produit une diminution d'activité de 20 à 100 pour 100. Si l'on fait passer ensuite de l'hydrogène sulfuré dans cette préparation, la diastase peut être complètement réactivée.

Tous ces faits sont en accord avec l'idée que l'intégrité des groupements sulfhydrilés de la diastase est indispensable à son activité catalytique. Si l'on oxyde ou si l'on bloque ces groupements, l'activité disparaît, mais on peut la rétablir par réduction ou régénération.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'action vasodilatatrice secondaire de l'adrénaline.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Paul Portier.

On sait que, chez les Mammifères le plus fréquemment utilisés dans les laboratoires, c'est-à-dire chez le chien, le chat et le lapin, l'hypertension provoquée par les doses moyennes d'adrénaline est suivie d'une phase hypotensive. On sait aussi que cette phase hypotensive s'accompagne d'une vasodilatation marquée qui a pu être mise en évidence par la méthode stalagmométrique aussi bien pour les vaisseaux des muscles du squelette ([1]) que pour ceux de l'intestin ([2]).

Après que Gayet ([3]) eut prétendu que la vasodilatation des muscles du squelette produite par l'adrénaline n'est pas d'origine périphérique, Euler ([4]) a tout récemment affirmé que l'hypotension secondaire qui, chez le lapin, suit l'hypertension adrénalinique ne naît pas non plus à la périphérie.

Bien que les affirmations d'Euler aient trouvé un appui dans les conclusions de Puccinelli ([5]) admettant que l'injection d'adrénaline dans l'artère fémorale provoque exclusivement une diminution du débit sanguin de la veine fémorale, nous avons cru devoir étudier, comme le physiologiste italien, l'action de l'adrénaline sur les vaisseaux des pattes, mais en utilisant pour cela une méthode que nous croyons plus précise que celle qu'il avait adoptée : celle de Schilf adaptée par nous aux recherches pharmacologiques et consistant, rappelons-le, à enregistrer, au moyen d'un compteur

---

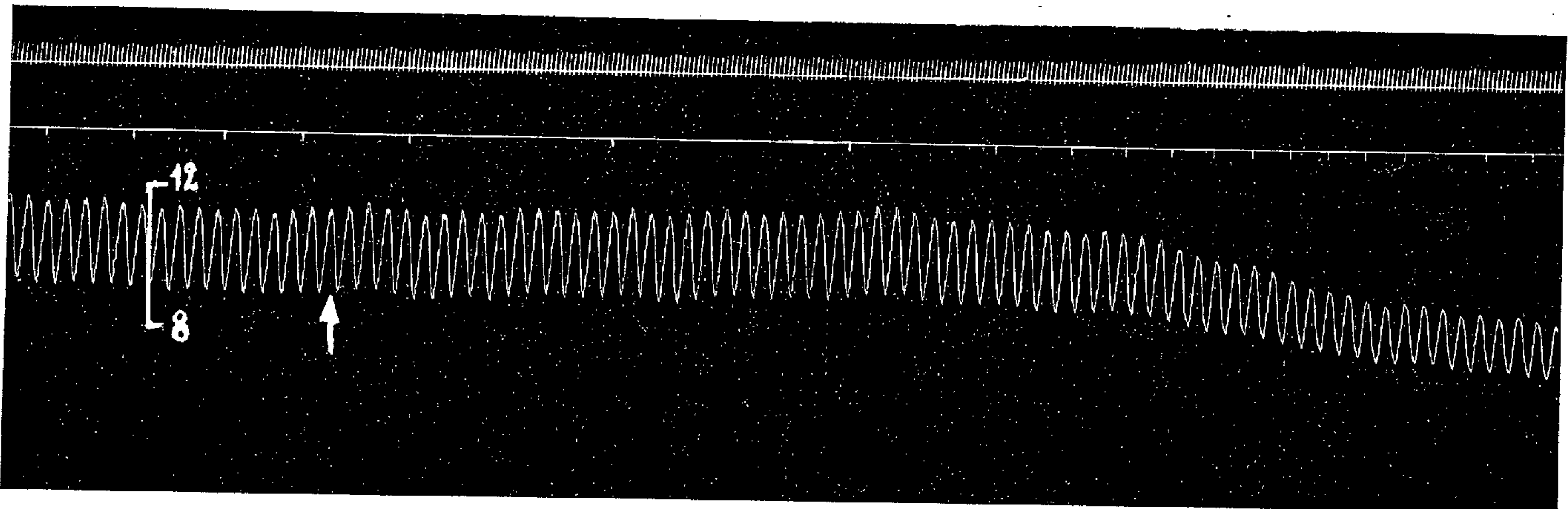
([1]) Voir en particulier C. M. Gruber, *Americ. Journ. of Physiology*, 89, 1929, p. 650-661.

([2]) Cf. notamment G. A. Clark, *Journ. of Physiology*, 69, 1930, p. 171-184.

([3]) R. et T. Gayet et M. Guillaumie, *C. R. Soc. Biol.*, 97, 1927, p. 1145-1147.

([4]) *Journ. of Physiology*, 92, 1938, p. 111-123.

([5]) *Rivista di Patol. speriment.*, 12, 1934, p. 261-274.



Chien de 8^{kg}, anesthésié par le chloralose (12^{cg} par kg) bivagotomisé au cou, soumis à la respiration artificielle et ayant reçu, pour rendre son sang incoagulable, une injection intraveineuse de 80^{mg} de polyanétholsulfonate de sodium. 1re ligne : temps en secondes. 2e ligne : modifications de l'écoulement de la veine fémorale de la patte postérieure gauche enregistrées au moyen d'un compteur de débit du type Condon. 3e ligne : variations de la pression carotidienne enregistrées par le manomètre à mercure. Au point marqué par la flèche, on a injecté, dans une ramification de l'artère fémorale, $0^{mg},005$ d'adrénaline en solution dans 1^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium. Tracé réduit de 1/5e.

de débit du type Condon, les modifications de l'écoulement sanguin d'une veine provoquées par l'injection de la substance à essayer dans une ramification de l'artère correspondante.

Nous avons pu ainsi constater que la diminution du débit de la veine fémorale provoquée par l'injection d'une dose moyenne d'adrénaline dans une ramification de l'artère fémorale est suivie d'une augmentation marquée de ce débit. C'est ainsi que, dans l'expérience dont on trouve ici le tracé, nous avons constaté qu'après l'injection de $0^{mg},005$ d'adrénaline dans une ramification de l'artère fémorale, l'écoulement sanguin de la veine fémorale est devenu, au stade de vasoconstriction maximale, à peu près trois fois plus lent qu'initialement, cependant qu'ensuite, lors de la vasodilatation maximale, il s'est montré deux fois plus rapide qu'avant l'injection.

Si nous rapprochons ces résultats expérimentaux de ceux d'Ogawa ([6]), qui a pu s'assurer que, sur les vaisseaux des pattes postérieures du lapin perfusées avec du liquide de Ringer, l'adrénaline produit, à dose appropriée, de la vasoconstriction suivie de vasodilatation, nous nous croyons autorisé à admettre, comme Neujean ([7]) et contrairement à Euler, que la vasodilatation secondaire adrénalinique est d'origine périphérique, pour partie tout au moins.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Le besoin qualitatif d'azote chez* Drosophila melanogaster *Meig*. Note de M. **Max Lafon**, présentée par M. Paul Portier.

La variété des régimes alimentaires complique l'étude comparée du besoin qualitatif d'azote chez les Insectes : la présente Note est consacrée à la nutrition azotée d'un mycophage, la Drosophile, matériel abondant et à croissance rapide. Une technique d'élevage, déjà signalée ([1]) et qui sera décrite en détail ultérieurement, me permet d'obtenir, en milieu stérile, le développement complet de l'œuf à l'imago. Je décrirai très sommairement les principaux résultats, en rappelant que, dans toutes les expé-

([6]) *Arch. f. experiment. Pathol. u. Pharmakol.*, 67, 1912, p. 89.
([7]) *Arch. internat. de Pharmacodynamie*, 13, 1904, p. 45-90

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1937, p. 798.

riences, j'ai dû adjoindre au milieu artificiel un extrait hydroalcoolique de levure, source indispensable de vitamines ([2]).

1° Il existe, pour cet insecte comme pour les Vertébrés, deux grandes catégories de protides. Les protides complets (protides du muscle, fibrine, caséine) assurent la croissance larvaire normale, la pupaison et la métamorphose. Certains, tels que la séricine de la soie, donnent un rendement imaginal beaucoup plus faible, avec fréquent avortement des pupes (résultat dû sans doute à la présence d'un facteur limitant de nature inconnue). Les protides incomplets (gélatine, zéine) n'assurent même pas un début de croissance larvaire. Les petites larves qui viennent d'éclore demeurent stationnaires une quinzaine de jours, puis meurent.

2° La Drosophile est capable, comme les Vertébrés, d'assimiler les produits de dégradation complète des protides, provenant de l'hydrolyse acide à l'autoclave, à condition naturellement qu'ils soient supplémentés en tryptophane et en cystine. La Drosophile peut donc se contenter d'azote présenté sous forme très simple (amino-acides), différant en cela du cilié *Glaucoma piriformis* étudié par Lwoff ([3]).

3° La Drosophile a besoin de tryptophane, pour l'entretien même de la jeune larve, et de cystine; dans le cas d'un régime pauvre en cystine, la métamorphose se fait mal et il y a souvent avortement des pupes.

4° Des mélanges artificiels, en proportions variées, de tous les amino-acides usuels (y compris la méthionine), auxquels on adjoint la fraction d'un hydrolysat de caséine qui ne précipite pas par l'acide phosphotungstique (fraction contenant la *thréonine* de Rose), se montrent absolument inefficaces et n'assurent même pas l'entretien de la jeune larve.

5° On pourrait penser qu'en plus des acides aminés, il faut à la Drosophile un ou plusieur de ces composés *extractifs*, très hydrosolubles, qui accompagnent les peptones de nombreux protides naturels. J'ai saturé par le sulfate neutre d'ammonium des solutions de telles peptones (peptone pepsique de muscle, peptone pancréatique de caséine). La fraction précipitée par le sulfate d'ammonium à saturation (fraction contenant surtout des polypeptides) est soigneusement lavée plusieurs fois dans une solution saturée de sulfate d'ammonium; elle suffit à assurer croissance et métamorphose. Il est donc peu probable que des composés *extractifs*, accompagnant les peptones, soient nécessaires à la Drosophile. Le facteur inconnu,

---

([2]) Guyénot, *Bull. Biol.*, 51, 1917, p. 1.
([3]) *Recherches Bioch.*, *Monog. Instit. Pasteur*, 1932.

absent des mélanges artificiels et présent dans les polypeptides précipités, serait plus vraisemblablement quelque acide aminé non encore identifié.

6° La pratique de la supplémentation donne d'aussi bons résultats avec la Drosophile qu'avec les Vertébrés (supplémentation efficace de la gélatine par la caséine ou la peptone de muscle, des hydrolysats acides de protides par le tryptophane et la cystine, de la gélatine par la fraction de la peptone de muscle ou de la peptone de caséine qui précipite par le sulfate d'ammonium à saturation; supplémentation des mélanges artificiels d'acides aminés par ladite fraction).

7° Il n'est pas possible de supplémenter la fraction des acides mono-aminés de la caséine (fraction d'un hydrolysat de caséine qui n'est pas précipitée par l'acide phosphotungstique), même par un mélange de tryptophane, tyrosine, cystine, lysine arginine et histidine. Cela confirme l'hypothèse d'un composé inconnu et nécessaire à la Drosophile.

Les besoins azotés de la Drosophile sont donc encore plus complexes que ceux des vertébrés et le mélange d'amino-acides employé avec succès par Rose dans l'alimentation artificielle du Rat s'avère insuffisant ici. La variété des exigences de la Drosophile est en rapport avec la complexité et la richesse azotée de son aliment naturel, les levures.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la structure des acides aminés sur l'ammoniophanérèse.* Note de MM. **Michel Polonovski** et **Paul Boulanger**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

L'influence de la structure du radical hydrocarboné des acides α-aminés sur leur désamination dans l'organisme du chien a fait l'objet de plusieurs travaux récents (¹), dont les résultats s'accordent sensiblement pour considérer que les acides α-alcoyl-α-aminés ne sont pas désaminés normalement par cet animal et se retrouvent en grande partie éliminés dans l'urine. Il nous a cependant paru nécessaire d'apporter une preuve plus décisive encore. Le seul fait qu'un de ces acides soit éliminé par le rein en forte proportion ou n'augmente en rien l'excrétion uréique ne permet pas en effet de déduire que les tissus soient incapables de le dégrader. Ne voit-on pas, d'une part, une élimination urinaire des acides α-aminés inverses

(¹) Corley et ses collaborateurs, *J. of Biol. Chem.*, 120, 1937, p. 331; 122, 1938, p. 491; M. Polonovski, P. Boulanger et Oudar, *C. R. Soc. Biol.*, 128, 1938, p. 604.

optiques des acides α-aminés naturels beaucoup plus considérable que celle de ces derniers eux-mêmes (Abderhalden) alors que, d'autre part, les expériences de A. Krebs *in vitro* témoignent d'une désamination, par les coupes de tissu de rein bien plus grande, pour ces acides aminés, que pour leurs énantiomorphes naturels! L'expérience s'imposait donc avant toute conclusion.

Nous l'avons poursuivie en mesurant l'ammoniophanérèse provoquée au niveau d'un rein, *in vivo*, chez le Chien, selon notre technique habituelle ([2]). Après injection dans l'artère rénale de solutions d'acides aminés naturels et synthétiques, nous avons dosé l'ammoniaque dans le sang de l'artère et de la veine rénales et calculé l'ammoniophanérèse (A φ) en prenant le rapport de l'augmentation relative de l'ammoniaque dans le sang veineux rénal au taux préexistant dans le sang artériel.

Nous avons successivement utilisé des acides α-aminés naturels et leurs énantiomorphes et des acides α-méthyl-α-aminés, inactifs par nature ou racémiques. Le tableau suivant résume nos observations.

	N NH^3 (en millig. pour 1000).		
	Sang art. rénale.	Sang veine rénale.	A φ.
Glycine	2,1	4,6	2,2
d-Alanine	0,8	3,5	4,3
d.l-Alanine	1,3	10,3	8,0
d-Valine [*l* (+) valine]	1,3	2,4	1,7
l-Valine [*d* (—) valine]	1,2	3,0	2,3
d-Leucine	1,5	5,0	3,3
l-Leucine	2,0	4,7	2,3
d.l-Phénylalanine	1,2	4,0	3,3
d-Lysine	1,3	3,9	3,0
α-Amino-α-méthylpropanoïque	1,4	3,8	2,7
d.l-α-Amino-α-méthylbutanoïque	1,5	2,9	1,9

Si l'on considère l'ammoniophanérèse normale comme étant voisine de 2, les chiffres précédents permettent les constatations suivantes :

1° L'ammoniophanérèse est toujours plus intense après injection des inverses optiques des acides aminés naturels, la différence étant particulièrement grande avec l'alanine;

2° Le glycocolle est pratiquement sans effet sur l'ammoniophanérèse, tandis que l'alanine provoque une forte augmentation; dès que la chaîne

([2]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1815.

s'allonge cette action diminue : presque nulle pour la valine, elle reste très faible pour les homologues supérieurs;

3° Les acides aminés α-méthylés ne provoquent pas de variations notables de l'ammoniophanérèse.

Les conclusions de Krebs se trouvent donc confirmées, très nettement dans le cas de l'alanine, mais beaucoup plus discrètement pour la valine ou la leucine, les différences entre les deux isomères optiques n'étant en rien comparables à celles qu'on observe *in vitro*. D'autre part l'alanine occupe une place tout à fait particulière dans la suite des acides aminés, et nous ne retrouvons pas chez les autres termes de la série l'influence caractéristique de la structure mise en évidence par Corley.

En ce qui concerne les acides aminés α-méthylés, les résultats confirment entièrement ceux que Corley ou nous-mêmes avons obtenus chez l'animal. Si l'on tient compte, en outre, de ce que la *d*-amino-acido-désaminase est sans action sur l'α-amino-2-méthylpropanoïque *in vitro* (Keilin et Hartree) (³), et de ce que ce même acide, mis en présence de coupes de foie, ne s'est montré ni cétogène, ni anticétogène (Cohen) (⁴), il reste bien peu de place pour l'hypothèse d'un catabolisme possible de composés de cette structure dans l'organisme animal.

BACTÉRIOLOGIE. — *Étude expérimentale d'un virus isolé du liquide céphalo-rachidien d'un cas de méningo-encéphalite post-vaccinale*. Note de MM. **J. Caminopetros**, **D. Comninos** et Mlle **Dervou**, présentée par M. Louis Martin.

En mars 1937, nous avons eu l'occasion d'observer un cas grave de méningo-encéphalite chez une fille de 12 ans. L'hyperthermie, les symptômes méningés très accusés, accompagnés de paralysies oculaires, le liquide céphalo-rachidien trouble avec hyperalbuminose et hyperleucocytose, faisaient penser tout d'abord à une méningite tuberculeuse; mais l'observation d'une énorme pustule vaccinale à la cuisse de la malade nous a incités à examiner si le virus vaccinal devait être incriminé ou non comme l'agent causal de ce syndrome. D'ailleurs la guérison de la malade, survenue par la suite, éliminait le diagnostic de méningite tuberculeuse.

(³) *Proc. Roy. Soc. London*, B, 119, 1936, p. 114.

(⁴) *Journ. of Biol. Chem.*, 119, 1937, p. 333.

Des recherches expérimentales entreprises en pleine période fébrile nous ont permis d'isoler du liquide céphalo-rachidien un virus différent de celui de la vaccine et qui présentait des caractères particuliers.

Ces caractères, tels que nous avons pu les établir, sont les suivants :

Réceptivité des différents animaux de laboratoire. — Les premières inoculations avec le liquide céphalo-rachidien sont faites à deux lapins et un singe callitriche dans le cerveau et sous la conjonctive (perforation de la voûte supérieure de l'orbite). Le singe présente, à la suite de cette inoculation, une élévation éphémère de 1° de la température, et un lapin fait une fièvre de deux jours. Le cerveau de ce lapin (sacrifié le 10ᵉ jour après l'inoculation) est utilisé pour les passages sur d'autres lapins en employant encore la voie intracérébrale. Tous les animaux inoculés réagissent par une fièvre élevée, évoluant en deux ou trois ondes de 40 à 40°,8 après inoculation de 7 à 12 jours. La maladie dure de 15 à 20 jours et se termine en général par la guérison, mais quelquefois par la mort. Au cours de passages successifs, nous avons constaté la faible virulence du cerveau et par contre la grande virulence du sang, prélevé pendant l'accès de fièvre, et inoculé par voie sous-cutanée. En utilisant ce procédé, nous avons pu réaliser des passages en nombreuses lignées dont l'une compte 14 passages. Pour ces lignées, 105 lapins ont été employés.

Les autres animaux trouvés réceptifs en partant du lapin sont le rat, la souris et le spermophile. Le cobaye, éprouvé à plusieurs reprises par voie cérébrale, sous-cutanée, intrapéritonéale, n'a jamais fait de fièvre caractéristique, et avec son sang ou le broyat de viscères, il nous a été impossible de transmettre la maladie. Chez le rat la fièvre apparaît le plus souvent tardivement, mais avec une courbe thermique particulière.

Conservation de la virulence du sang. — La virulence du sang est trouvée supérieure à celle de tous les autres organes (cerveau, rate, foie, poumons); mais elle s'affaiblit très vite, aussi bien à la température ordinaire qu'à celle de la glacière (0°). En général, elle ne persiste jamais plus de 10 jours à la glacière.

Filtrabilité. — La filtration sur bougie Chamberland L_2 et L_3 du sang défibriné et lysé par addition d'eau distillée ne donne qu'exceptionnellement un filtrat virulent.

Immunité. — Tous les animaux éprouvés 12 à 20 jours après la fin de leur maladie, par inoculation sous-cutanée de sang virulent, sont restés indemnes d'infection; absence de réaction fébrile, absence de virulence du sang.

Altérations pathologiques. — L'examen histologique du cerveau ou des viscères des animaux réceptifs, effectué à différentes périodes de la maladie, n'a jamais révélé de lésions spécifiques dans ces organes, ni dans les méninges; même le nodule sous-cutané qui suit toujours l'inoculation, ne présente que des lésions banales.

En somme, le virus que nous avons isolé du liquide céphalo-rachidien d'un cas de méningo-encéphalite post-vaccinale ne peut être rangé parmi les virus connus. Il se différencie par plusieurs caractères de celui de la chorioméningite, ou maladie d'Armstrong : absence de lésions méningées chez les animaux réceptifs à notre virus et grande réceptivité du lapin; présence constante, au contraire, de lésions méningées chez les animaux infectés avec le virus d'Armstrong, et état réfractaire du lapin à ce virus.

Nous avons eu l'occasion de confirmer ces différences essentielles en comparant notre virus à celui que nous avons isolé du cerveau de rats et de souris d'un élevage. Ce virus, à l'encontre du précédent, était pathogène pour le cobaye et provoquait des lésions méningées nettes chez les animaux réceptifs.

Au contraire, il peut être rapproché du virus de la maladie des porchers (Paul Durand). Il s'en différencie cependant par son grand pouvoir pathogène pour le lapin, alors que cet animal est peu sensible au virus des porchers.

D'après les faits constatés au cours de l'étude de notre virus, il est donc indiqué, pour les recherches sur l'étiologie de la méningo-encéphalite post-vaccinale, encore imparfaitement connue, d'utiliser à côté du liquide céphalo-rachidien, le sang par inoculation sous-cutanée au lapin.

E. P.

La séance est levée à 15h30m.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er AOUT 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En déposant sur le Bureau un volume intitulé *Notices et Discours*, M. **Alfred Lacroix** s'exprime en ces termes :

Le présent volume est un recueil de Notices sur leur prédécesseur rédigées par les membres de l'Académie, puis de discours prononcés par eux au nom de l'Académie dans les circonstances les plus diverses.

Jusqu'ici ces écrits étaient imprimés à part et distribués aux membres de l'Institut, mais n'étaient conservés dans aucun recueil, de telle sorte qu'au bout de quelques années, ils étaient devenus introuvables.

La Commission administrative a bien voulu autoriser les Secrétaires perpétuels à faire désormais tirer spécialement un certain nombre d'exemplaires de tous ces documents, afin de constituer un Recueil dont ce volume, consacré aux années 1924 à 1936, constitue le premier tome.

Il est en distribution au Secrétariat.

OPTIQUE. — *Sur un cas anormal de biréfringence provoquée par la compression d'une substance transparente.* Note de M. **Aimé Cotton** et de Mlles **Georgette Courtot** et **Jacqueline Guillemin**.

On trouve actuellement dans le commerce des substances transparentes comme le verre mais beaucoup moins denses, peu fragiles et flexibles, qui ont reçu diverses applications. Celle qui nous a servi est le *plexiglas*, dont l'indice de réfraction est voisin de 1,49 et la densité 1,18.

En plaçant une plaque découpée dans une lame de cette substance dans

une presse de Fresnel on constate (avec une bilame de Bravais) que par compression elle devient comme le verre un uniaxe négatif. Mais, si la pression a été forte et maintenue appliquée quelque temps et qu'on desserre la vis de la presse, on constate que la substance en question est encore biréfringente après la décompression, mais qu'elle se comporte maintenant comme un uniaxe positif. Un tel résidu de signe inverse après suppression de la force mécanique agissante n'ayant pas été signalée encore, nous avons repris l'expérience de façon à obtenir des valeurs numériques.

Nous avons utilisé une presse à levier du genre de celle décrite par Boissier et employée par Bruhat et Thouvenin (*Revue d'Optique*) : l'échantillon à étudier, en forme de parallélépipède rectangle, subit l'action d'un levier horizontal chargé de poids par l'intermédiaire d'une bille d'acier et d'un bloc de laiton poli. Nous avons employé comme intermédiaires des lames minces de plomb et nous avons été conduits, pour obtenir une pression suffisamment uniforme, à donner au bloc de laiton qui transmet la pression une hauteur suffisante, dépassant par exemple quatre fois les dimensions transversales de l'éprouvette. L'appareil a d'abord été essayé avec un parallélépipède de verre recuit poli sur toutes ses faces et a été contrôlé par la vérification des lois de Brewster.

Les mesures de biréfringence ont été faites en employant la lumière verte du mercure, un quart d'onde et un analyseur à pénombre porté par un cercle divisé sur lequel on mesure un angle qui est la moitié de la différence de phase φ produite par la lame biréfringente. On a

$$\varphi = 2\pi k \frac{F}{l} \frac{1}{\lambda},$$

où F est la force agissante en kilogr.-poids, l la largeur du bloc transparent (en millimètres), λ la longueur d'onde et k une constante. Pour le verre employé on a trouvé

$$k = -0051 \times \lambda.$$

Remplaçant alors le verre par du plexiglas, l'échantillon ayant par exemple comme hauteur $10^{\text{mm}},07$, comme épaisseur $3^{\text{mm}},64$ et comme largeur $l = 6^{\text{mm}},12$, on trouve, en mesurant la biréfringence aussitôt après l'action des poids, que la substance devient négative comme le verre, que sa biréfringence est proportionnelle à la force F, et l'on trouve $K = -0,025\,\lambda$.

Par exemple, si la force appliquée F est de $40^{\text{kg}},55$ la différence de phase mesurée dans ces conditions a pour valeur $\varphi_0 = -59°\,18'$. Mais si

l'on prolonge l'action de la pression, on voit que les valeurs de φ décroissent et tendent vers une limite qui, dans le cas actuel, a été trouvée égale à $\varphi_l = -49°38'$.

Si alors on supprime l'action des poids et qu'on ramène à l'égalité les plages de l'analyseur, on trouve que la lame est devenue un uniaxe positif, pour lequel on trouve une différence de phase $\varphi_r = +16°46'$. Cette biréfringence résiduelle, de signe inverse à celle de la biréfringence initiale mesurée sous l'action de la pression, est, elle aussi, proportionnelle à F. On a : K = 0,007.

Cette biréfringence positive décroît ensuite elle-même avec le temps, rapidement d'abord, puis de plus en plus lentement, lorsqu'on abandonne la lame à elle-même. C'est ce que montrent les nombres suivants donnant les valeurs des angles φ (en minutes) trouvées successivement au bout des temps t (en secondes) écoulés depuis la première mesure :

t.............	0.	100.	210.	275.	340.	540.	1380.	3120.
φ............	1006	426	370	280	240	196	116	52

Le lendemain cette biréfringence résiduelle est insensible.

Il y a donc, dans le cas de cette substance particulière, deux sortes d'effets de la pression. L'un d'eux, l'effet négatif, celui qui a le signe observé pour la plupart des verres et des matières transparentes, apparaît aussitôt que la pression est appliquée. L'autre, l'effet positif, ne se fait sentir que progressivement quand la pression s'exerce; il diminue les valeurs négatives mesurées et ne disparaît de même que progressivement. (La valeur trouvée pour φ_r est plus grande que la différence entre φ_0 et φ_l : il faut prendre garde que ces biréfringences dépendent de la température, et que leur mesure elle-même exige un certain temps dont on n'a pas tenu compte.)

L'expérience suivante montre bien que, dans certains cas au moins, les phénomènes optiques observés sont accompagnés de déplacements sensibles dans la matière transparente étudiée. Si l'on comprime très énergiquement un morceau découpé dans une lame polie de plexiglas (de 2mm d'épaisseur environ), on peut la déformer très nettement sans la briser. Abandonnée à elle-même la plaque déformée donne des couleurs très vives entre nicols croisés. Mais, si on la plonge un instant dans de l'eau bouillante, elle reprend aussitôt sa forme primitive et ne rétablit plus la lumière quand on la replace entre les nicols.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Ministère des Travaux publics. Bureau de Documentation minière. 1° *Bassins houillers et lignitifères de la France* par J. Desrousseaux ; 2° *Bassins d'outre-mer*, d'après F. Blondel et L. Clariond et par P. Guillaumat.

2° *Carte géologique du Massif du Mont-Blanc (partie française) à l'échelle du 1/20 000°* par Paul Corbin et Nicolas Oulianoff. Feuille : *Le Tacul et Col du Géant,* avec la *Notice explicative.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la convergence des séries trigonométriques.* Note de M. **Arnaud Denjoy.**

Ma dernière Note [1] est en grande partie consacrée à des résultats bien connus (sauf peut-être le fait que la somme d'une série de Fourier par la moyenne absolue, mais non point par la moyenne simple, est une dérivée seconde généralisée de Riemann), entre autres la convergence en moyenne absolue des séries de Fourier $\sigma(f)$ des fonctions continues. Mais j'emploie pour les établir une méthode bien plus rapide que le procédé habituel, exposé dans le si beau livre de M. A. Zygmund (*Trigonometrical Series*, 10.1, p. 257).

En un point θ *où* $\sigma(f)$ *converge en moyenne absolue, la suite des* n_r *tels que* $|S_{n_r}(\theta)-f(\theta)|>\alpha>0$ (α indépendant de n, θ) qui est infiniment rare, *est-elle nécessairement telle que* $\Sigma 1/n_r$ *converge?* Statistiquement (c'est-à-dire sur une épaisseur pleine, métriquement presque partout) cela a été démontré par M. Zygmund (*Id.*, 10.46,2, p. 264, indication bibliographique que je dois à l'obligeance de M. R. Salem), quand f^2 est sommable. Mais nous verrons ci-après que *la série* $\Sigma 1/n_r$ *peut diverger en un point* θ, *même pour une fonction continue* f.

La notation $(p\,\Sigma\, q)u_n$ désignera la somme des nombres u_n pour $p \leqq n \leqq q$.

I. *Si la série* Σc_n ($n \geqq 0$) *converge en moyenne absolue et si* $\Sigma c_n^2 < \infty$, *la*

[1] *Comptes rendus,* 207, 1938, p. 210.

somme $S_n = (0\,\Sigma\, n)c_n$ *admet la limitation* $S_n = o\left(\sqrt[3]{n}\right)$, *qui ne peut pas être améliorée.*

On peut supposer que la somme généralisée de la série est zéro. Considérons une suite d'entiers m_p, h_p ainsi définis : $m_0 = h_0 = 0$; m_p, h_p étant connus, m_{p+1} est le plus petit entier n supérieur à $m_p + h_p$ et où $|S_n| > 1$; h_p est le plus grand entier tel que, pour $m_p \leqq n < m_p + h_p$, $|S_{m_p}| < 2|S_n| < 3|S_{m_p}|$. On en conclut

$$|S_{m_p}| < 2\left(\overline{m_p+1\,\Sigma\, m_p+h_p}\right)|c_n| < 2\sqrt{h_p}\sqrt{\left(\overline{m_p+1\,\Sigma\, m_p+h_p}\right)c_n^2}.$$

Or, la condition de convergence absolue entraîne que $h_p S_{m_p}/(m_p + h_p)$ tend vers zéro. D'où $|S_{m_p}| = o\left(\sqrt[3]{m_p}\right)$ et, *a fortiori*, $S(n) = o\left(\sqrt[3]{n}\right)$.

Par contre, m_p, k_p étant entiers et λ_p croissant, choisissons les c_n comme il suit :

$$m_p + k_p < n \leqq m_{p+1} - k_{p+1}, \qquad c_n = 0, \qquad S_n = 0;$$
$$m_p - k_p < n \leqq m_p, \qquad c_n = \lambda_p k_p^{-1}, \qquad S_n = (n - m_p + k_p)\lambda_p k_p^{-1}, \qquad S_{m_p} = \lambda_p;$$
$$m_p < n \leqq m_p + k_p, \qquad c_n = -\lambda_p k_p^{-1}, \qquad S_n = (m_p + k_p - n)\lambda_p k_p^{-1}.$$

La condition de convergence de Σc_n^2 est $\Sigma \lambda_p^2 k_p^{-1} < \infty$. Celle de convergence en moyenne absolue de Σc_n est $(1\,\Sigma\, p)\lambda_r k_r = o(m_p)$.

En posant $\lambda_p = p^{-1}\sqrt[3]{m_p}$, $k_p = m_p^{2/3}$, les conditions sont satisfaites si m_{p+1}/m_p ne décroît pas. En prenant pour m_p des fonctions de p de plus en plus croissantes, on peut faire que $S_n/n^{1/3}$ surpasse, pour une infinité de n, une fonction donnée de n décroissant à zéro aussi lentement que l'on veut.

II. Posons $f(x) = \Sigma c_n \cos nx$. Pour $x = 0$, on trouve

$$\left(\overline{m_p - k_p \sum m_p + k_p}\right) c_n \cos nx = 2\lambda_p (k_p x)^{-1}\left[\sin m_p x \sin^2 k_p \frac{x}{2} + o(x^2)\right].$$

Soit r défini par $k_r < x^{-1} < k_{r+1}$. La série est majorée en module par $x(0\,\Sigma\, r)\lambda_p k_p + x^{-1}\left(\overline{r+1\,\Sigma\,\infty}\right)\lambda_p k_p^{-1}$.

Au lieu de la valeur de λ_p précédemment choisie, prenons $\lambda_p = 1$ et $m_p = p k_p$, m_{p+1}/m_p étant très rapidement croissant. Alors

$$f(x) \sim x k_r + x^{-1} k_{r+1}^{-1}$$

est *bornée, approximativement continue et nulle à l'origine*. Cependant la suite des n pour lesquels $S_n > 1/2$ est définie par $2|n - m_p| < k_p$. *La série* $\Sigma\, 1/n$ *correspondante diverge.*

III. Soit $f(x)$ une fonction paire égale pour $0 \leqq x \leqq 2\pi$ à

$$f(x) = \left(1 \sum_n \infty\right) d_n \left(\overline{m_n \sum_r m_n + k_n}\right) \sin\left(r + \frac{1}{2}\right)x \qquad [m_n = n k_n,\ d_n = n m_n^{-1}\varepsilon(n)].$$

$\left(m\sum_r m+k\right)\sin\left(r+\frac{1}{2}\right)x$ est en module sensiblement borné par kmx si $x<m^{-1}$, par k si $m^{-1}<x<k^{-1}$, par x^{-1} si $x>k^{-1}$. Si m_{n+1}/m_n croît assez vite, la série $\sum_n$ converge uniformément. *f est continue.* Des calculs simples permettent d'obtenir

$$S_p(0)\sim\frac{2}{\pi}\int_0^\pi f(x)\frac{\sin\left(p+\frac{1}{2}\right)x}{x}\,dx,\qquad \text{pour } p=m_n+\theta k_n\quad (0<\theta<1),$$

et de constater que $S_p(0)$ *surpasse un nombre positif fixe.* Cependant *la série* $\Sigma 1/p=\Sigma 1/n$, pour toutes les valeurs de n, *diverge.*

IV. Voici une démonstration simple d'un fait sur lequel M. Lebesgue a le premier attiré l'attention. Soit f une fonction *sommable*, $\varphi(u)$ une fonction *continue* de u telle que, pour $|u|>1$, $\varphi(u)u^{-1}$ soit *borné. Il existe une épaisseur pleine* E, *ne dépendant que de f et non pas de φ, en tout point de laquelle une primitive de $\varphi(f)$ a pour dérivée $\varphi(f)$.* En particulier, $|f(x)-f(x_0)|$ aura pour dérivée zéro en tout point de E.

Rappelons que 1° f est approximativement continue sur une pleine épaisseur E′; 2° si f est bornée au voisinage du point x_0 de E′, f est la dérivée au point x_0 de sa primitive; 3° $\varphi(f)$ est approximativement continue en x_0, d'après la continuité de φ.

A étant un nombre positif quelconque, soient E_A l'ensemble $|f|<A$, E'_A l'ensemble $|f|\geq A$, et les fonctions $g_A=f$ sur E_A, $g_A=0$ sur E'_A, $h_A=f-g_A$. $\varphi(f)=\varphi_1+\varphi_2$ si $\varphi_1=\varphi(g_A)$ sur E_A, $=0$ sur E'_A; $\varphi_2=0$ sur E_A, $=\varphi(h_A)$ sur E'_A. Sur $E'.E_A$, g_A bornée, est approximativement continue, donc dérivée de sa primitive. Il en est de même de φ_1; $|h_A|$ nulle sur E_A est sommable et sa primitive a la dérivée 0 sur une pleine épaisseur $\Pi(E_A)$ de E_A. La même propriété vaudra sur $\Pi(E_A)$ pour φ_2 puisque $\varphi(u)/u$ est borné. $E''=\Sigma\Pi(E_A)$ est une pleine épaisseur. Sa section par E′ est une pleine épaisseur E vérifiant les conditions annoncées. Sur E, f ressemble à une fonction bornée. On pourrait trouver E jouissant de la même propriété pour tout $\varphi(u)$ continu et $O(|u|^r)$, pour tous les r tels que $|f|^r$ soit sommable.

MÉCANIQUE. — *Mouvements fluides fournissant une suite de surfaces applicables.* Note (¹) de M. **Henri Pailloux**, présentée par M. Jean Chazy.

Une surface inextensible se déplaçant dans l'espace fournit un exemple de mouvement fluide permanent, seulement la distribution des vitesses en chaque point de l'espace n'est pas uniforme.

Si, au contraire, nous nous donnons un mouvement fluide déterminé par $\vec{V}(x, y, z)$, nous nous proposons d'écrire les conditions pour qu'il existe une surface $f(x, y, z, \theta) = 0$ toujours formée des mêmes éléments matériels, et qui soit inextensible. Pour cela il sera nécessaire et suffisant qu'à temps θ constant, il existe une rotation $\vec{\Omega}(p, q, r)$ telle que, sur la surface

$$d\vec{V} = \vec{\Omega} \wedge d\vec{M},$$

ce qui fournit le système

$$\begin{aligned} u'_x\, dx + (u'_y + r)\, dy + (u'_z - q)\, dz &= 0, \\ (v'_x - r)\, dx + v'_y\, dy + (v'_z + p)\, dz &= 0, \\ (w'_x + q)\, dx + (w'_y - p)\, dy + w'_z\, dz &= 0, \end{aligned}$$

qui doit être vérifié quels que soient dx, dy, dz liés par

$$f'_x\, dx + f'_y\, dy + f'_z\, dz = 0.$$

Comme deux des différentielles sont arbitraires, les coefficients de ces quatre formes linéaires sont proportionnels. Il en résulte en particulier le système suivant :

$$(1) \qquad \begin{cases} \gamma Y^2 - 2\lambda YZ + \beta Z^2 = 0, \\ \alpha Z^2 - 2\mu ZX + \gamma X^2 = 0, \\ \beta X^2 - 2\nu XY + \alpha Y^2 = 0, \end{cases}$$

où X, Y, Z désignent f'_x, f'_y, f'_z ou des quantités proportionnelles, et α, β, γ, λ, μ, ν les coefficients de la déformation

$$\alpha = u'_x, \quad 2\lambda = v'_z + w'_y, \quad \text{etc.}$$

Laissant de côté pour un instant la signification de X, Y, Z, nous consi-

(¹) Séance du 25 juillet 1938.

dérerons x, y, z comme constants et X, Y, Z comme les coordonnées rectangulaires d'un point dans l'espace à trois dimensions. Le système trouvé s'exprime en disant que trois couples de plans doivent avoir une droite commune.

Nous écrirons la première équation de la façon suivante, en introduisant des inconnues auxiliaires h, j, k :

$$\frac{\gamma Y - \lambda Z}{Z} = \frac{\lambda Y - \beta Z}{Y} = h.$$

On trouve ainsi que X, Y, Z sont respectivement proportionnels aux éléments de l'une quelconque des lignes du tableau

$$(2) \qquad \left\| \begin{matrix} \alpha & \nu - k & \mu + j \\ \nu + k & \beta & \lambda - h \\ \mu - j & \lambda + h & \gamma \end{matrix} \right\|,$$

qui est de rang 1. En écrivant que ses mineurs du second ordre sont nuls, on trouve les relations

$$(3) \qquad \begin{cases} h^2 = \lambda^2 - \beta\gamma, & jk = \lambda a - \mu\nu, & \alpha h + \nu j + \mu k = 0, \\ j^2 = \mu^2 - \gamma\alpha, & kh = \mu\beta - \nu\lambda, & \nu h + \beta j + \lambda k = 0, \\ k^2 = \nu^2 - \alpha\beta, & hj = \nu\gamma - \lambda\mu, & \mu h + \lambda j + \gamma k = 0. \end{cases}$$

Pour que les trois dernières fournissent h, j, k non tous nuls, il est nécessaire que

$$\Delta = \begin{vmatrix} \alpha & \nu & \mu \\ \nu & \beta & \lambda \\ \mu & \lambda & \gamma \end{vmatrix} = 0.$$

On montre que cette condition suffit. Pour la suite des calculs, nous désignerons par a, b, c, l, m, n les mineurs de Δ relatifs à $\alpha, \beta, \gamma, \lambda, \mu, \nu$. On a ainsi trois groupes de relations

$$h^2 = -a, \qquad jk = -l.$$

Mais le système linéaire fournit h, j, k respectivement proportionnels aux éléments de l'une quelconque des lignes du tableau

$$\left\| \begin{matrix} a & n & m \\ n & b & l \\ m & l & c \end{matrix} \right\|,$$

qui est de rang un, d'où trois couples de relations des types

$$l^2 = bc, \qquad al = mn.$$

On en déduit d'ailleurs que

$$lh = mj = nk.$$

En résumé, pour que le système (1) soit algébriquement compatible, il faut et il suffit que $\Delta = 0$; X, Y, Z sont proportionnels aux éléments de l'une des lignes de (2), h, j, k étant définis au signe près par (3). La rotation Ω a pour composantes

$$p = -h + \frac{1}{2}(w'_y - v'_z); \quad \ldots.$$

ASTROPHYSIQUE. — *Variations annuelles de la lumière du ciel nocturne.* Note [1] de M. **Raymond Grandmontagne**, présentée par M. Charles Fabry.

J'ai indiqué [2] des résultats moyens relatifs à la couleur du ciel nocturne, obtenus avec le photomètre enregistreur à cellule photoélectrique installé à l'Observatoire de Lyon. J'indique aujourd'hui les variations de brillance du ciel nocturne observées au cours de l'année avec le même instrument, dans la région spectrale 5800-9000 Å, qui transporte la plus grande partie de l'énergie.

Les mesures sont faites par comparaison avec une lampe à filament de tungstène, fonctionnant à résistance constante comme branche d'un pont de Wheatstone, et servant d'étalon. L'angle solide employé sur le ciel est grand, voisin de $2\pi/10$ stéradian, pris autour du zénith.

Pour tracer la courbe ci-dessus on a utilisé toutes les mesures faites depuis le début de mai 1937, à la fin d'avril 1938, pendant des nuits claires, sans nuages ni brouillard, et sans lune. Chaque point correspond à la brillance moyenne au cours de l'une de ces nuits.

Tandis que deux nuits voisines donnent parfois des brillances identiques, on constate d'autres fois des variations considérables d'une nuit à l'autre. Il est cependant aisé de voir que la brillance a été plus grande en hiver qu'en été avec un maximum important vers novembre coupé en deux par une irrégularité; un maximum secondaire se manifeste en mars 1938.

Il est intéressant de comparer ces résultats à ceux de Lord Rayleigh qui portent sur une dizaine d'années d'observations [3]. Il s'agit de mesures

---

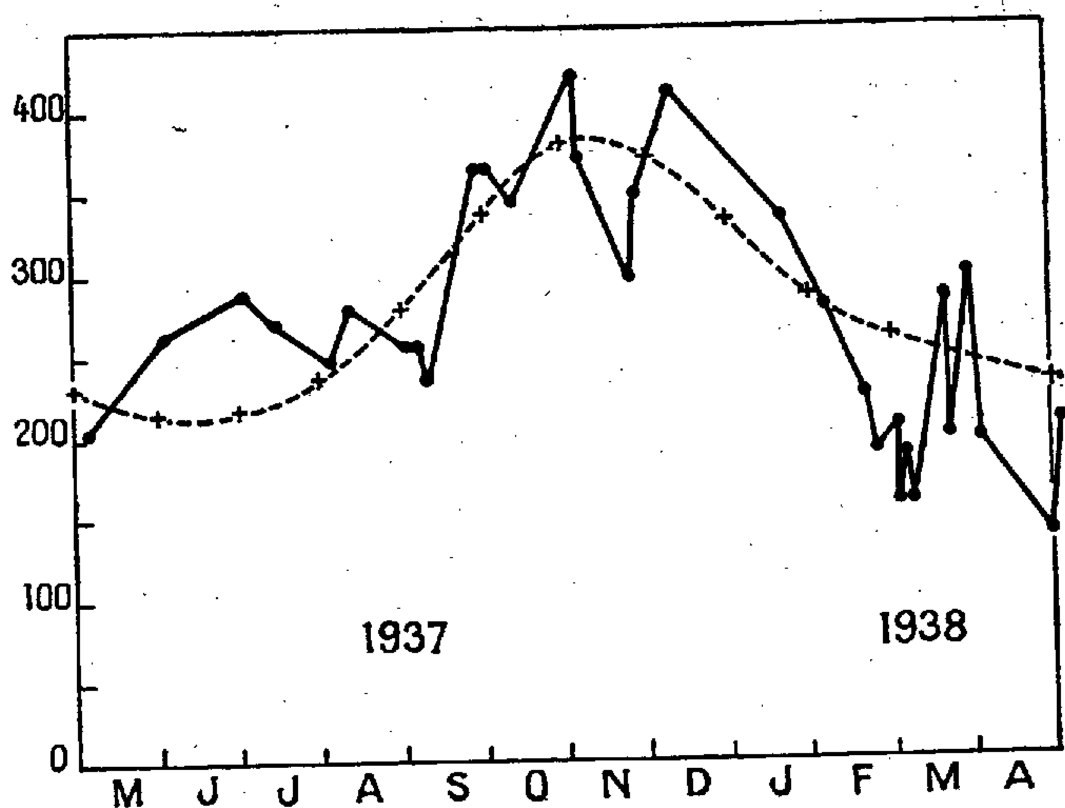
(1) Séance du 4 juillet 1938.

(2) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 275.

(3) *Proceedings of Royal Society London*, A, **151**, 1935, p. 22.

visuelles faites à travers des filtres colorés dont un orangé qui coupe le spectre vers 5800 Å et délimite la région spectrale la plus voisine de celle que j'étudie; elle est seulement beaucoup moins étendue du côté des grandes longueurs d'onde. La discussion des observations a conduit Lord Rayleigh et Spencer Jonnes à distinguer trois variations superposées: séculaire, annuelle, semi-annuelle. Ils ont établi une formule représentée par la courbe construite en traits interrompus sur la figure; on a fait arbitrairement coïncider les valeurs moyennes des deux séries de mesures.

Globalement l'accord est bon; l'amplitude des variations est du même ordre de grandeur; le maximum principal occupe une position voisine. Les écarts entre mon graphique et la courbe moyenne de Lord Rayleigh sont tout à fait comparables à ceux qui existent entre cette courbe et les mesures individuelles de Lord Rayleigh.



La courbe en trait plein représente la variation annuelle obtenue par l'auteur, diminuée de la variation *séculaire*, exprimée en unités arbitraires d'énergie.
La courbe en traits interrompus est déduite des résultats de Lord Rayleigh en faisant coïncider les valeurs moyennes.

Il existe quelques divergences : le maximum obtenu avec la cellule photoélectrique semble se manifester un peu plus tard; il n'est pas impossible que cela soit dû à la longueur d'onde moyenne plus grande pour mes mesures; car sur les courbes moyennes de Lord Rayleigh le maximum se manifeste d'autant plus tard que la longueur d'onde est plus grande. Le maximum secondaire de mars est invisible sur la courbe moyenne. Il est curieux de noter qu'il n'est pas absent des mesures

individuelles de Lord Rayleigh et qu'on le retrouve à la même époque dans les observations de Cabannes et Dufay sur les bandes de Vegard Kaplan 4171 et 4424 Å [4]. Enfin pendant les mois de juin et juillet, il n'y a jamais eu de mesures anglaises parce que le crépuscule astronomique n'est jamais terminé à Terling. Le maximum de mes mesures à cette date semble montrer que pour les études de ciel nocturne la limite du crépuscule doit être prise pour une dépression du Soleil supérieure à 18°.

L'étude des variations annuelles paraît indispensable pour la recherche de l'origine de la lumière émise par le ciel nocturne, mais de très nombreuses observations doivent encore être poursuivies avant d'obtenir une représentation entièrement satisfaisante.

ÉLECTRICITÉ. — *Emploi des redresseurs secs pour la production de hautes tensions continues.* Note de M. **René Planiol**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. Nous avons décrit [1] un dispositif permettant d'obtenir des courants d'ions très intenses. Il nous a semblé utile de construire un générateur de hautes tensions ayant les caractéristiques voulues pour permettre une accélération notable et une utilisation aussi complète que possible des ions produits. Le courant transporté par des ions atteignant facilement 25 mA et pouvant être augmenté en cas de besoin dans de fortes proportions, nous nous sommes fixé le chiffre de 100 mA pour l'intensité normale du courant fourni par le générateur.

2. Parmi les méthodes actuellement connues pour la production de tensions élevées on ne peut songer à employer les générateurs électrostatiques, même après les résultats très encourageants obtenus avec les machines à courants de poussières. Un premier dispositif, utilisant des kénotrons et un montage multiplicateur, avait été étudié dans tous ses détails, mais la construction de kénotrons pour des puissances aussi élevées semble un problème pratiquement très délicat.

Il nous a paru préférable d'employer des redresseurs secs, parfaitement au point depuis plusieurs années. Ils présentent, par rapport aux kénotrons, de très grands avantages pour une utilisation continue : ils n'ont besoin d'aucune surveillance et ne s'usent pas comme les cathodes des kénotrons,

---

(4) Cabannes et Dufay, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 878.

(1) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1632.

qui ne peuvent durer plus de deux mille heures environ. En outre, contrairement aux kénotrons, ils peuvent fournir pendant des temps brefs des courants atteignant plusieurs fois la valeur normale ou des tensions très notablement plus grandes que la valeur prévue.

On pouvait hésiter entre deux types principaux d'appareils : sélénium-fer ou oxyde de cuivre. Nous nous sommes décidé pour ce dernier.

3. Nous avons fait construire un premier élément de redresseur répondant aux caractéristiques suivantes :

Redressement d'une seule alternance de la tension.

Courant continu débité dans le circuit d'utilisation : 100 mA.

Tension redressée aux bornes du condensateur lorsque le générateur débite 100 mA (et non à vide) : 150 kV.

Tension de crête à ne pas dépasser aux bornes de l'élément redresseur pendant l'onde inverse : 400 kV environ.

La partie du redresseur actuellement construit comporte des rondelles de cuivre oxydé de 19^{mm} de diamètre immergées dans l'huile.

Le montage employé pour les essais comportait un transformateur de 150 kW sous 250 kV à tension réglable par le primaire, une capacité de redressement de $0^{\mu F},4$ pouvant supporter 160 kV en régime permanent.

La résistance absorbant la puissance continue était constituée par un simple tube de caoutchouc de 10^{mm} intérieur parcouru par un fort courant d'eau distillée.

Les essais ont donné les résultats suivants :

Premier essai : Tension redressée, 155 kV; courant, 107 mA. Des relevés oscillographiques ayant montré que l'onde inverse avait probablement une valeur excessive, une mesure de celle-ci indiqua qu'elle atteignait 550 kV alors que l'appareil était prévu pour 400. Il n'en est résulté aucun accident, ce qui indique bien la grande faculté de surcharge de ces appareils.

Deuxième essai : Des modifications apportées au transformateur permirent de dépasser les chiffres ci-dessus : avec une onde inverse de 445 kV seulement le courant redressé était de 123 mA sous 151 kV.

Troisième essai : Pendant un quart d'heure nous avons obtenu 135 kV et 128 mA avec une onde inverse de 440 kV environ. Ce régime n'aurait pu être prolongé au delà d'une heure, la circulation de refroidissement de l'huile n'étant pas encore installée.

Les indications ci-dessus montrent que l'emploi d'un redresseur cuproxyde peut permettre, beaucoup plus commodément, qu'avec un kénotron, la production de courants continus de haute tension et de débit relativement élevé.

ONDES HERTZIENNES. — *Essais sur la propagation des ondes électromagnétiques de 16cm de longueur.* Note de MM. **Henri Gutton** et **Sylvain Berline**, présentée par M. Camille Gutton.

L'étude suivante a été faite en vue de déterminer quelles étaient les possibilités d'emploi des ondes de 16cm.

Nous disposions d'un émetteur d'une puissance, en crête de modulation, de 10 watts fonctionnant sur la longueur d'onde de 16cm. La lampe utilisée comme oscillatrice est un magnétron S. F. R. du type M 16. L'émission est modulée, soit en télégraphie sur une note musicale à 800 périodes, soit en téléphonie par un microphone.

L'antenne émettrice est un doublet de 8cm de hauteur disposé au foyer d'un miroir parabolique ayant 80cm de diamètre, la distance focale est 3/4 de longueur d'onde, soit 12cm. Un tel miroir fournit un faisceau dirigé ayant environ 14° d'ouverture.

Le récepteur est constitué par une détectrice S. F. R. type UC 16, accordée sur la longueur d'onde émise et fonctionnant en superréaction avec une fréquence de découpage de 15000 kilocycles. Le signal détecté est amplifié par les moyens habituels, puis reçu par un casque téléphonique. La lampe détectrice est placée sur la ligne focale d'un miroir cylindro-parabolique de distance focale 12cm; il a 62cm de largeur et de 24cm hauteur.

Nous avons constaté qu'il est nécessaire, pour obtenir une bonne réception, de placer l'émetteur en un endroit bien dégagé de façon à éviter la dispersion du faisceau dirigé par les obstacles qu'il rencontre au voisinage de l'émetteur. Le récepteur doit être placé en vue de l'émetteur. Ces essais nous ayant fourni de très bonnes réceptions à quelques dizaines de kilomètres dans la région de Paris, nous avons essayé une liaison beaucoup plus lointaine en disposant l'émetteur sur une montagne.

Grâce à l'obligeance de M. Grenet, directeur de l'Observatoire du Puy de Dôme, nous avons pu le placer au sommet du Puy de Dôme à 1465m d'altitude et faire des essais de propagation jusqu'à une distance de 152km, distance du Puy de Dôme au Mont Beuvray (810m d'altitude) dans le Morvan.

Nous y avons obtenu une excellente liaison radiotéléphonique avec le Puy de Dôme.

Le miroir récepteur permettait, en l'orientant dans la direction de meilleure réception, de déterminer la direction de l'émetteur avec une

erreur ne dépassant pas le degré; ceci malgré la faible hauteur, $1^m,60$, du récepteur au-dessus du sol.

Sur le trajet du Puy de Dôme au Mont Beuvray, nous avons communiqué jusqu'à 90^{km}, le récepteur étant à faible altitude dans la plaine qui sépare ces deux montagnes; cette altitude est comprise entre 200^m et 300^m.

Il suffit pour avoir de bonnes communications que l'émetteur puisse être vu par temps très clair et que le terrain soit légèrement incliné vers l'émetteur.

Nous avons observé, sur des terrains en légère pente, des franges d'interférences dues à la réflexion du faisceau sur la surface du terrain au voisinage du récepteur. Ces franges sont extrêmement nettes, il n'y a pas possibilité de recevoir dans une frange noire. Le niveau du sol correspond à une frange noire. Nous avons pu observer, en déplaçant verticalement le miroir réflecteur, plusieurs franges dont les distances sont de l'ordre du mètre.

Les essais entre le Puy de Dôme et le mont Beuvray ont été faits par mauvais temps; le Puy de Dôme était recouvert d'un nuage de pluie orageuse. La réception est cependant restée excellente.

La grande portée obtenue est due au bon rendement du magnétron d'un modèle nouveau établi par nous; il permet de rayonner environ 15 pour 100 de la puissance fournie. Les réflecteurs de très faibles dimensions permettent de telles liaisons avec un matériel facilement transportable.

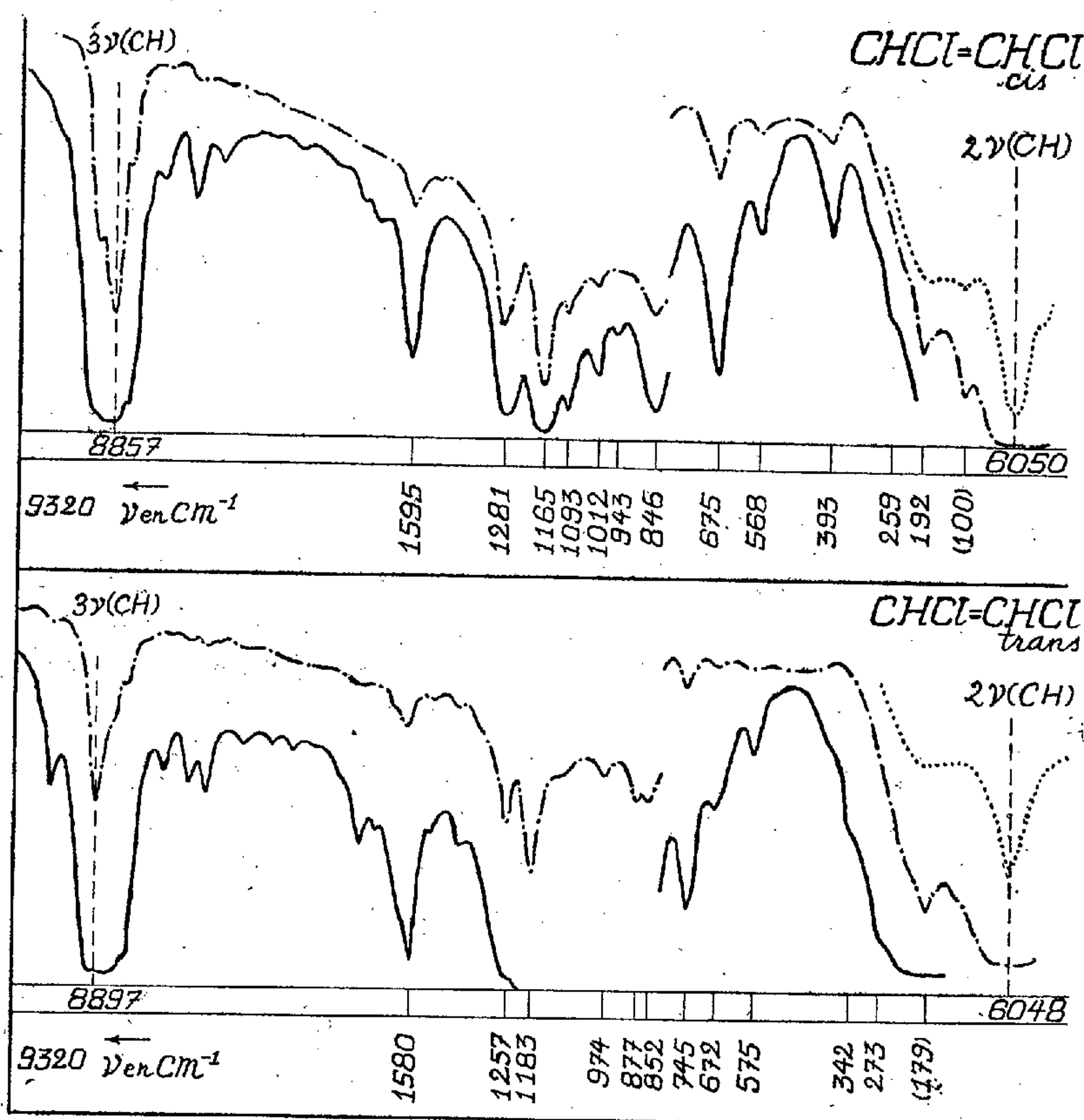
SPECTROSCOPIE. — *Étude des spectres d'absorption des isomères* cis *et* trans *dans le proche infrarouge.* Note (¹) de M. **Yeou Ta**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons indiqué (²) qu'au voisinage de chacune des fréquences infrarouges (CH) fondamentale ou harmonique (que, par commodité, nous désignerons désormais par fréquence *porteuse*), on retrouve, par combinaison avec celle-ci, l'ensemble du spectre de vibration. Ce résultat permet d'interpréter de façon simple et complète les spectres compliqués observés dans le proche infrarouge. Nous nous proposons de le généraliser en

(¹) Séance du 25 juillet 1938.
(²) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1371.

l'étendant au cas des molécules contenant non plus un, mais deux vibrateurs CH; les isomères *cis* et *trans* CHX = CHX se prêtaient bien à cet examen.

Nous avons étudié divers échantillons de dérivés chlorés et iodés; les uns très purs ont été mis gracieusement à notre disposition par M. G. Emschwiller, les autres ont été préparés par nous. CHI = CHI *trans* a été examiné en solution saturée dans CCl^4. Les spectres ont été enregistrés entre $2^{\mu},5$ et $0^{\mu},8$ environ [entre $1^{\mu},2$ et $0^{\mu},8$ à l'aide de



Courbe ......, sous 1mm; courbe • — • —, sous 1cm; courbe ———, sous 10cm.

l'appareil de M. Freymann (³)]. Signalons que CHCl = CHCl a déjà été étudié dans la même région par Spence et Easley (⁴), mais sans indication de la nature du produit (isomère *cis* ?).

La figure montre ici une partie des spectres étudiés pour CHCl = CHCl

---

(³) *Annales de Physique*, **20**, 1933, p. 243.

(⁴) *Phys. Rev.*, **34**, 1929, p. 730.

cis et *trans*, entre 9320 cm^{-1} et 6000 cm^{-1} environ (enregistrements directs). Les valeurs indiquées en dessous des bandes d'absorption sont celles des $\Delta\nu$ en cm^{-1}. On les a déterminées en partant de la fréquence *porteuse* $2\nu(CH)$: la fréquence fondamentale se trouve vers 3100 cm^{-1} dans une région non encore étudiée.

Comparons les valeurs ainsi trouvées avec celles trouvées par M. Lecomte (⁵) dans l'infrarouge lointain, 568, 702, 846, 1181, 1278, 1575 pour *cis*; 754, 812, 965, 1161 pour *trans*. Et l'effet Raman donne (⁵) 174, 406, 564, 711, 809, 875, 1179, 1586 pour *cis*; 351, 766, 848, 1271, 1576 pour *trans*. Bien qu'on n'ait pas encore établi la correspondance exacte de toutes les bandes représentant les vibrations fondamentales de chaque molécule, on voit [en tenant compte de ce que l'accord numérique ne peut être parfait pour les raisons que nous avons déjà indiquées (²)] qu'on retrouve presque la totalité des fréquences déjà observées.

Des résultats analogues ont été obtenus en étudiant les bandes données par $CHI = CHI$ (*cis* et *trans*). *Et la comparaison des spectres nous a permis d'évaluer approximativement des fréquences non encore observées ailleurs.*

Dans la région examinée, on ne peut espérer observer les fréquences harmoniques du fondamental situé vers 1580 cm^{-1} et caractéristiques de la vibration $C = C$: elles sont certainement trop faibles pour apparaître avec les épaisseurs utilisées. Mais cette fréquence 1580 cm^{-1} environ apparaît par combinaison avec chacune des fréquences *porteuses* $n\nu(CH)$, tant pour $CHCl = CCl^2$ que pour $CHCl = CHCl$ et $CHI = CHI$. En outre, *son intensité est sensiblement la même pour les isomères* cis *et* trans. Or pour la forme *trans*, cette vibration $C = C$ devrait être inactive en absorption (⁵). Donc, *dans les bandes de combinaison, on peut observer des fréquences interdites.*

Remarquons que, d'après nos observations, dans les molécules telles que CHX^3, $CHCl = CCl^2$, $CHCl^2 - CCl^3$ et même $CHX^2 - CHX^2$, les harmoniques de la fréquence fondamentale $\nu(CH)$ sont simples. Par contre, pour $CHX = CHX$, *cis* et *trans*, il semble exister deux composantes, l'une intense, l'autre plus faible. Par comparaison avec $CHCl = CCl^2$ et $CHCl^2 - CHCl^2$, nous avons été conduit à considérer seulement la bande la plus intense comme fréquence *porteuse* et cela sans préciser davantage la nature de cette vibration de valence $\nu(CH)$.

(⁵) G. Emschwiller et J. Lecomte, *Journ. de Phys.*, 8, 1937, p. 130; J. Cabannes, *Journ. de Chim. phys.*, 35, 1938, p. 1.

En résumé, l'existence, que nous avons signalée antérieurement, de la répétition du spectre de vibration se trouve généralisée et donne lieu à des applications intéressantes. *D'autre part, on voit que l'étude du proche infra-rouge permet, elle aussi, de distinguer entre eux les isomères* cis *et* trans.

OPTIQUE. — *Sur les propriétés optiques des liquides troubles observés par réflexion; influence de la dilution.* Note (¹) de M. **Lucien Amy**, présentée par M. Charles Fabry.

L'étude spectroscopique et quantitative de la lumière réfléchie par un corps diffusant coloré n'a été abordée que par très peu d'auteurs. La plupart d'entre eux se sont d'ailleurs bornés à constater que les spectres de lumière réfléchie étaient toujours continus avec des bandes d'absorption très estompées. Cependant A. Karl (²) a proposé de caractériser les substances solides par l'étude photographique de ces spectres en lumière visible et ultraviolette. Cette méthode a été reprise tout dernièrement par Maurice Billy et Alain Berton avec une technique (³) très voisine.

Cependant nous avons montré dans une étude théorique (⁴) que les spectres ainsi obtenus ne pouvaient s'identifier avec les spectres d'absorption des substances étudiées, même en faisant abstraction de la lumière diffusée et réfléchie superficiellement. Nous avons en effet montré que la lumière réfléchie par diffusion interne était fonction de deux coefficients : le coefficient d'absorption α et le coefficient de diffusion δ. En supposant l'épaisseur du corps étudié assez grande pour négliger la lumière transmise, la fraction de la lumière réfléchie est donnée par la formule

$$R = \frac{\delta}{\alpha + \delta + \sqrt{\alpha(\alpha + 2\delta)}}, \tag{1}$$

ce qui est très différent de la variation de la fraction de lumière transmise par un corps limpide d'épaisseur h

$$T = e^{-\alpha h}. \tag{2}$$

Dans un premier travail expérimental, Charles Sannié, Jean-Michel

(¹) Séance du 27 juin 1938.
(²) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 1, 1934, p. 1453.
(³) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1631.
(⁴) *Rev. d'Optique*, 16, 1937, p. 81 à 85.

Sarraf et nous-même ([5]) avons vérifié la formule (1) en faisant varier α par teinture sur des corps poreux tels que le papier. D'autre part D. R. Duncan ([6]) a étendu ces résultats à des mélanges de pigments.

La présente Note a pour but de présenter les premiers résultats obtenus avec des suspensions.

L'équation (1) peut s'écrire

$$\frac{\alpha}{\delta} = \frac{(1-R)^2}{2R}, \tag{3}$$

elle montre que le pouvoir réflecteur ne dépend que du rapport α/δ.

Or, si l'on dilue une suspension, le nombre des particules diffusantes est proportionnel à la concentration; il en est également de même de l'absorption en première approximation. Le rapport α/δ, et par conséquent la couleur par réflexion de la suspension doivent donc être indépendants de la dilution.

C'est ce que nous avons vérifié visuellement sur un certain nombre de suspensions colorées : lait, suspension de carbonate de magnésie et de sulfate de chaux, suspension colloïdale d'oxalate de calcium etc., additionnés de divers colorants.

En approfondissant le phénomène, on s'aperçoit que dans certains cas le coefficient d'absorption peut légèrement varier avec la concentration. En effet, c'est le volume intergranulaire qui seul augmente par dilution, le volume des particules restant constant. Le volume intergranulaire augmente donc relativement un peu plus rapidement que le volume total. α diminue un peu plus rapidement que δ et R doit augmenter légèrement.

Voici, à titre d'exemple, en unités arbitraires, les résultats obtenus en diluant dans de l'eau distillée du lait plus où moins coloré de bleu d'Helvétie. (La lumière réfléchie a été mesurée à la cellule photoélectrique.)

	Lait pur.		Lait + 1 partie de bleu d'Helvétie.		Lait + 4 parties de bleu d'Helvétie.	
Dilution.	Lecture.	Corrigé.	Lecture.	Corrigé.	Lecture.	Corrigé.
1	956	1028	577	620	361	388
2	942	971	599	621	375	389
4	927	944	601	621	382	388
8	858	866	601	606	384	388
16	734	738	526,5	529	353	355
32	553	554	374,5	376	290	291

([5]) *Rev. d'Optique*, 16, 1937, p. 86 à 92.

([6]) Inédit.

On remarquera que le pouvoir réflecteur, correction faite du volume occupé par les particules, après un palier plus ou moins court, diminue lorsque la dilution est suffisante. Ce phénomène est essentiellement dû à ce que le volume de la cuve contenant la suspension (1 litre environ) devient insuffisant pour que la quantité de lumière transmise ne soit plus négligeable, ce que nous avons pu vérifier à travers les parois transparentes de la cuve.

On peut donc dire que, lorsque l'épaisseur est suffisante et après correction s'il y a lieu du volume occupé par les particules, la couleur d'une suspension est indépendante de la dilution.

OPTIQUE. — *Généralisation de la théorie du photodichroïsme.* Note (1) de M. **Serge Nikitine**, transmise par M. Pierre Weiss.

J'ai développé (2) (3) une théorie du photodichroïsme (4) qui suppose d'une part que le colorant envisagé pâlit à l'insolation, d'autre part que, lors de l'absorption de la lumière, les molécules de colorant se comportent comme des oscillateurs électriques, linéaires, amortis, de direction de vibration fixe par rapport à l'édifice de la molécule. Cette dernière hypothèse est d'autre part à la base de la théorie qui explique l'état de polarisation de la lumière émise par fluorescence par des solutions visqueuses. Mais des écarts entre la théorie de la fluorescence polarisée des solutions et l'expérience ont amené Jablonski (5) à généraliser cette hypothèse et à montrer qu'il était préférable d'admettre que lors de l'absorption et de l'émission les molécules de colorant se comportent comme un groupe de trois oscillateurs linéaires à angles droits et sans relations de phases.

Je me propose de généraliser, d'après les hypothèses de Jablonski, la théorie du photodichroïsme développée précédemment (2) (3). Cette étude montrera que le photodichroïsme dépend beaucoup de l'anisotropie de l'oscillateur associé à la molécule et que l'interprétation des mesures

---

(1) Séance du 18 juillet 1938.

(2) *Comptes rendus*, 204, 1938, p. 973.

(3) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1219.

(4) F. Weigert, *Verh. d. Phys. Ges.*, 21, 1919, p. 485.

(5) *Zeits. f. Phys.*, 96, 1935, p. 236; *Acta Phys. Pol.*, 5, 1936, p. 271.

expérimentales du photodichroïsme peut donner des renseignements sur cette anisotropie.

Je supposerai, comme précédemment [2] [3], que la couche photosensible est disposée dans le plan Oxy, que la lumière d'insolation vibre suivant Ox et se propage suivant Oz. D'autre part je supposerai que les oscillateurs et les molécules auxquelles ils sont associés sont immobiles. D'après l'hypothèse de Jablonski, la probabilité d'excitation d'une molécule par une radiation vibrant suivant Ox est proportionnelle à

$$b_1 \cos^2\theta + b_2 \cos^2\varphi + b_3 \cos^2\psi, \tag{1}$$

où θ, φ et ψ sont les angles que font les oscillateurs 1, 2, et 3 avec Ox et b_1, b_2, et b_3 sont des coefficients relatifs aux trois oscillateurs.

Pour les cas qui se présentent en général, on peut supposer $b_1 \gg b_2 = b_3$. Soient β l'angle que fait l'oscillateur 1 avec Oz et α l'angle que fait le plan $1\,Oz$ avec Ox. En désignant par ε le rapport $b_2/b_1 = b_3/b_1$, le calcul montre que la relation (1) peut être écrite sous la forme

$$b_1[(1-\varepsilon)\sin^2\beta\cos^2\alpha + \varepsilon]. \tag{2}$$

Posons $b_1 It = \tau$, où I est l'intensité de la lumière d'insolation et t la durée d'insolation. Limitons-nous encore au cas où le colorant pâlit complètement à l'insolation [3]. Le nombre dN de molécules dont la direction de l'oscillateur est définie par des angles compris entre α et $\alpha + d\alpha$ et β et $\beta + d\beta$ et qui, après une insolation caractérisée par τ, sont restées à l'état fondamental, est

$$dN = \mathfrak{N} e^{-\tau\varepsilon} e^{-\tau(1-\varepsilon)\sin^2\beta\cos^2\alpha} \sin\beta \, d\alpha \, d\beta, \tag{3}$$

où $\mathfrak{N} = N_0/4\pi$, N_0 étant le nombre de molécules par unité de volume du milieu envisagé. Les coefficients d'absorption pour une vibration vibrant rectilignement suivant Ox ou Oy sont, après une insolation caractérisée par τ,

$$\left\{\begin{aligned} K_x^j &= b_1 \int [(1-\varepsilon)\sin^2\beta\cos^2\alpha + \varepsilon)\, dN], \\ K_y^j &= b_1 \int [(1-\varepsilon)\sin^2\beta\sin^2\alpha + \varepsilon)\, dN], \end{aligned}\right. \tag{4}$$

où l'indice j désigne les quantités relatives aux oscillateurs de Jablonski et où les intégrales sont étendues à toutes les orientations. Le calcul peut être ramené à celui que j'ai développé dans l'hypothèse d'un oscillateur linéaire [3]. Posons $\omega = \tau(1-\varepsilon)$ et remplaçons τ par ω dans les for-

mules (4), (5) et (6) d'une Note précédente ([3]). Prenons d'autre part des coefficients d'absorption réduits à l'unité pour $\tau = 0$ et désignons-les par des indices o. On trouve alors

$$(K_x - K_y)'_0 = e^{-\tau\varepsilon}\frac{1-\varepsilon}{1+2\varepsilon}[K_x^{(\omega)} - K_y^{(\omega)}]_0. \tag{5}$$

Le tableau suivant donne, en fonction de ε et à concentrations égales les valeurs maxima du photodichroïsme atteintes pendant une insolation. J'ai également groupé dans ce tableau les valeurs de la polarisation fondamentale P_0 que donnerait, d'après Jablonski, pour les mêmes valeurs de ε, un colorant fluorescent en admettant que l'absorption et l'émission font intervenir le même oscillateur.

ε	0,00.	0,05.	0,1.	0,2.	0,3.	0,4.	0,5.
$\lvert (K_x - K_y)'_0 \rvert_{max}$	0,41	0,29	0,23	0,13	0,08	0,05	0,02
P_0	0,50	0,49	0,47	0,41	0,31	0,22	0,14

Les valeurs de P_0 données par l'expérience pour différents colorants ne permettent pas d'attendre des valeurs expérimentales du photodichroïsme plus fortes que 0,15 environ.

On voit qu'on peut tirer des renseignements sur l'anisotropie d'absorption des molécules de colorants en évaluant ε à partir des valeurs expérimentales du photodichroïsme. On peut, d'autre part, obtenir un recoupement en évaluant ε à partir de mesures du coefficient d'absorption après l'insolation : $1/2\,(K_x + K_y)$ qu'on obtient d'autre part à partir des formules (4) en fonction de τ et de ε. Cet ensemble de recherches semble donc permettre d'étudier les oscillateurs liés à l'absorption. J'ai entrepris des recherches expérimentales dans cette voie et les premiers résultats semblent être très encourageants ([6]). J'espère en donner plus de détail très prochainement.

PHYSIQUE ATOMIQUE. — *Existence probable de l'élément* 93 *à l'état naturel.* Note de M. **Horia Hulubei** et Mlle **Yvette Cauchois**, présentée par M. Jean Perrin.

On trouvera ici nos premiers résultats d'une étude systématique faite sur de nombreux minerais en vue de rechercher si des éléments de numéro

([6]) S. Nikitine, *Bull. Soc. Fr. de Phys.*, 421, 1938, p. 105.

atomique supérieur à 92 n'existent pas dans la nature en quantités décelables chimiquement ou au moins spectroscopiquement.

A notre connaissance les recherches faites jusqu'ici se résument à l'élément 93 et sont considérées comme non concluantes ([1]) ou négatives ([2]) ([3]). La question de l'existence des éléments transuraniens *naturels* reste donc ouverte.

Nous avons étudié jusqu'ici des minéraux contenant, entre autres, de l'uranium ou du rhénium (pechblendes, columbites, etc.).

Les spectres d'émission X caractéristiques nous ont servi de test analytique (excitation cathodique ou de fluorescence). Un examen sommaire des minerais bruts nous a permis d'en faire un premier triage. Ceux qui nous ont paru particulièrement intéressants ont été traités chimiquement afin d'effectuer une première concentration en éléments auxquels le 93 doit être analogue.

Nous avons alors, sur de nombreux clichés, observé des raies susceptibles (loi de Moseley) d'appartenir à l'élément 93.

Les indications spectroscopiques sont confirmées par le fait que les raies sont plus fortes et plus définies à la suite des traitements chimiques analogues à ceux qui concentrent le rhénium, traitements qui, parallèlement, entraînent le renforcement des raies du rhénium.

L'analyse spectroscopique a été faite avec un spectrographe à focalisation. Le cristal analyseur est exceptionnellement bon et nous donne des raies très fines et contrastées, condition essentielle pour de telles recherches. La résolution est supérieure à 0,5 u. x. La puissance d'analyse qu'offre un spectrographe à focalisation, jointe à un souci constant de maintenir les conditions de fonctionnement du tube à rayons X aussi parfaites que possible, permet d'aller très loin dans la puissance de détection spectroscopique.

Au cours de cette étude, avec certains minéraux, nous avons trouvé, entre autres, avec plus ou moins d'intensité selon les souches, les raies suivantes :

([1]) F. H. Lohring et J. G. F. Druce, Nombreuses Notes aux *Chemical News* depuis 1925 sur les éléments 43, 61, 75, 85, 87 et 93.

([2]) O. Koblic, *Chemiker Ztg*, 58, 1934, p. 581 et 683; *Osterr. Chemiker Ztg*, 37, 1934, p. 140.

([3]) Voir par exemple un article de Ida Noddack qui résume l'état de la question en 1934, *Zts. f. Angew. Chemie*, 47, 1934, p. 653.

λ en u.x.	886,$_9$.	696,$_5$.	734,$_2$.	596,$_0$.
Identification probable 93 L...	α_1	β_1	β_2	γ_1

Nous donnons ces nombres tels qu'ils ressortent de nos moyennes; les dixièmes ne figurent qu'à titre d'indication.

Les recoupements nécessaires ont été faits, au préalable, pour s'assurer qu'il ne s'agit pas de raies de structure cristalline ([1]). Les longueurs d'onde de ces raies ainsi que leurs intensités relatives nous ont conduits à suggérer l'interprétation donnée dans le tableau.

886,$_9$(93Lα_1). *Émissions voisines :* InKβ_2 deuxième ordre. — Dans le minerai brut nous décelons l'indium; la raie Kβ_2 est visible, et distincte de celle citée. Dans le minerai concentré, absence totale du spectre de l'indium, même en premier ordre.

PrKβ_2 troisième ordre. — Aucune raie K du Pr n'est excitée dans nos conditions d'expérience. Des contrôles spéciaux nous ont permis d'éliminer toute coïncidence possible avec des raies faibles de l'uranium ainsi que du platine (dans le cas de l'entraînement au platine).

696,$_5$ (93Lβ_1). *Raies voisines :* ZrKβ_2 et ZrK$\beta_{1,3}$. — Dans certaines analyses sur minerai brut ces raies encadrent l'émission observée. 696,$_5$ n'est pas cependant une raie faible du Zr car elle persiste même en l'absence de Zr.

PrKα_2 deuxième ordre. — Absence de PrKα_1 même en premier ordre; d'ailleurs la tension d'excitation de ce spectre est supérieure à celle de nos expériences.

734,$_2$ (93Lβ_2). — Coïncidence possible avec ULβ_7 (734,$_6$), ce qui peut rendre la raie douteuse malgré qu'elle persiste sur des préparés dans lesquels Uα_1 n'apparaît pratiquement plus.

596,$_0$ (93Lγ_1). *Raies voisines :* EuKα_1 deuxième ordre. — Non excitée dans les conditions d'expérience, spectre K absent en premier ordre. ULγ_3 et ULγ_6 encadrent la raie observée en présence d'uranium; la raie persiste en l'absence d'uranium, ce qui élimine la coïncidence avec la raie de quadrupole extrêmement faible UL$_{II}$O$_{III}$.

Telles sont les émissions qui, dans l'état actuel de nos recherches et vu les contrôles que nous avons pu faire jusqu'ici, nous permettent de penser que l'élément 93 existe à l'état naturel en quantité suffisante pour être décelé spectroscopiquement et qu'il est probablement concentrable chimiquement.

([1]) Y. Cauchois et H. Hulubei, *Comptes rendus,* 206, 1938, p. 181.

PHYSIQUE ATOMIQUE. — *Sur une méthode de détermination du degré de dépendance des désintégrations des atomes de polonium.* Note de M. **Martin Ferber**, transmise par M. Maurice de Broglie.

Nous avons relevé (¹) sur des enregistrements oscillographiques de particules alpha du polonium, des particularités conduisant à penser que l'indépendance des désintégrations des atomes de polonium pourrait n'être pas totale.

Nous venons de reprendre cette étude sur les mêmes enregistrements, d'après une méthode (H. Eyraud, *Annales de l'Université de Lyon*, 3ᵉ série, *Sciences*, section A, 1936) plus appropriée.

Nous classons les 2160 intervalles qui suivent la distribution théorique $\beta e^{-\beta x}$ (avec $1/\beta = 11^{mm},78$) en déciles observés (²) que nous appelons a, b, c, ..., k, d'après la grandeur croissante des intervalles.

Les 216 intervalles de chaque décile déterminent une sélection, à savoir, la sélection des 216 intervalles qui les suivent. Si l'indépendance est stricte, ces derniers doivent reproduire la distribution totale théorique $1 - e^{-\beta x}$. En outre, le nombre des intervalles appartenant à un décile y, précédé d'un intervalle x, nombre que nous désignons par (x, y), doit se tenir dans les limites calculées $21,6 \pm 3,1$.

Dans le tableau suivant nous donnons les valeurs qui tombent hors de ces limites.

1. | 2.	*a.*	*b.*	*c.*	*d.*	*e.*	*f.*	*g.*	*h.*	*i.*	*k.*
a	28	–	26	–	17	–	13	–	–	–
b	26	–	–	–	–	–	15	–	26	14
c	–	–	–	26	–	18	16	–	18	27
d	18	–	27	15	–	–	25	–	–	26
e	–	27	12	14	–	–	30	29	–	–
f	–	–	25	–	25	–	27	15	–	16
g	–	15	16	26	17	–	27	–	–	–
h	–	26	–	17	25	–	–	–	–	–
i	–	17	16	30	–	–	–	–	–	28
k	16	–	29	–	–	–	–	–	–	–

(¹) J. Thibaud et M. Ferber, *Comptes rendus*, 205, 1935, p. 1383.

(²) Le premier décile a est constitué par les $n/10$ premières valeurs d'une série de n valeurs statistiques classées par ordre de grandeur croissante, les $n/10$ suivantes constituent le second décile b.

Aux déciles observés correspondent, pour la distribution exponentielle $\beta e^{-\beta x}$ les déciles théoriques obtenus par le classement des intervalles entre les 11 valeurs x_0, x_1, ..., x_i, x_{10} où x_i est de la grandeur de $-1/\beta \log 10 - i/10$.

Ce tableau, joint à de nombreux graphiques, non reproduits ici, nous amène à conclure :

1° Certaines des distributions, telles que celles des intervalles consécutifs à un intervalle des déciles b, c, e, g, i, sont loin de suivre la distribution théorique $1 - e^{-\beta x}$.

2° Les cases $[a - e, a - e]$, $[f - k, f - k]$ étant occupées par $11 + 5 = 16$ chiffres anormaux, les cases $[a - e, f - k]$, $[f - k, a - e]$ par $14 + 12 = 26$ chiffres anormaux, il s'ensuit que les intervalles *petits* (plus petits que la médiane) causent des perturbations dans l'ensemble des intervalles grands qui les suivent; et qu'inversement, les intervalles grands causent des perturbations dans l'ensemble des intervalles petits qui les suivent.

3e Le tableau nous donne 4 groupes de deux chiffres consécutifs hyponormaux $(cf)(cg)$; $(ec)(ed)$; $(gb)(gc)$; $(ib)(ic)$; d'après la théorie, un tel groupe de deux chiffres consécutifs hyponormaux ne devrait se présenter qu'une seule fois. Le fait que ces groupes se présentent 4 fois porterait à rattacher leur présence à une cause physique.

4° Les intervalles des déciles moyens, e, g, i, montrent une répulsion très forte à se faire suivre par des intervalles petits. On dirait que la présence d'un intervalle e, g, i aurait tendance à supprimer une désintégration immédiatement consécutive, fait qui expliquerait la présence d'un nombre élevé d'intervalles grands, consécutifs aux intervalles des groupes e, g, i. Au contraire, les intervalles du décile f auraient tendance à être suivis de désintégrations immédiates en surnombre.

En présence de ces irrégularités, nous avons tenté d'ajuster nos courbes de fréquences observées et de les représenter par un développement en série de fonctions orthogonales, par les polynomes

$$\mathcal{L}\, n(x) = e^{\beta x}\left(\frac{d}{dx}\right)^n (e^{-\beta x} x^n).$$

En employant les moments, jusqu'au troisième, nous aboutissions à la formule

$$\mathcal{F}(x) = 1 - e^{-\beta x}\{1 - K_1 x + K_2 x^2 - K_3 x^3\}$$

pour la probabilité totale (où K_1, K_2, K_3 représentent des constantes dépendantes des moments observés et théoriques).

Nous avons obtenu ainsi un excellent accord et, ce qui est encore plus intéressant, un type unique de courbe théorique pour les déciles e, g, i, ce qui pourrait nous amener à reconnaître là une réalité physique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'étude thermométrique de la neutralisation des acides et des bases faibles.* Note (¹) de MM. **P. Mondain-Monval** et **René Pâris.**

Parmi les très nombreuses méthodes physicochimiques qui permettent de caractériser les étapes de la neutralisation d'un acide par une base, les méthodes électriques (conductibilité-potentiométrie) jouissent d'une faveur généralement justifiée. Pourtant l'excellence de ces méthodes est fonction du degré de dissociation, autrement dit de la force des réactifs engagés. A mesure que celle-ci diminue, les virages, points d'inflexion et points anguleux deviennent moins précis au point parfois de rendre douteuse la formation de certains sels plus ou moins hydrolysés en solution diluée.

Nous avons donc cru utile de reprendre l'étude de la neutralisation des acides et des bases faibles par la méthode thermochimique déjà appliquée par nous aux précipitations complexes (²) et qui consiste à suivre l'élévation de température du milieu où se passe la réaction étudiée en fonction des quantités de réactifs ajoutées. Cette méthode nous a permis de fixer rapidement et sans ambiguïté la marche de la neutralisation dans des cas très variés. Bien que les effets thermiques diminuent sensiblement avec la force de l'acide, ils demeurent encore suffisamment grands dans le cas des acides faibles, pour que les étapes de la neutralisation soient marquées par des changements nets dans l'allure de la courbe thermométrique et les points anguleux demeurent visibles tant que les sels attendus ne sont pas totalement hydrolysés.

Choisissons, à titre d'exemples, parmi nos résultats qui seront publiés prochainement ailleurs, les courbes de neutralisation par la soude caustique de deux acides très faibles, l'acide borique (*fig.* 1) et l'acide arsénieux (*fig.* 2). Les méthodes physicochimiques habituelles conduisent généralement à des courbes avec changements d'allure peu précis ou étalés dont l'interprétation permet avec une certaine bonne volonté d'attribuer à chacun de ces acides un seul hydrogène salifiable, les sels correspondant aux acidités suivantes subissant vraisemblablement une hydrolyse complète. Le simple examen de nos courbes thermométriques montre avec quelle netteté cette fois se manifeste la formation du sel monobasique. Limités par la solubilité des acides

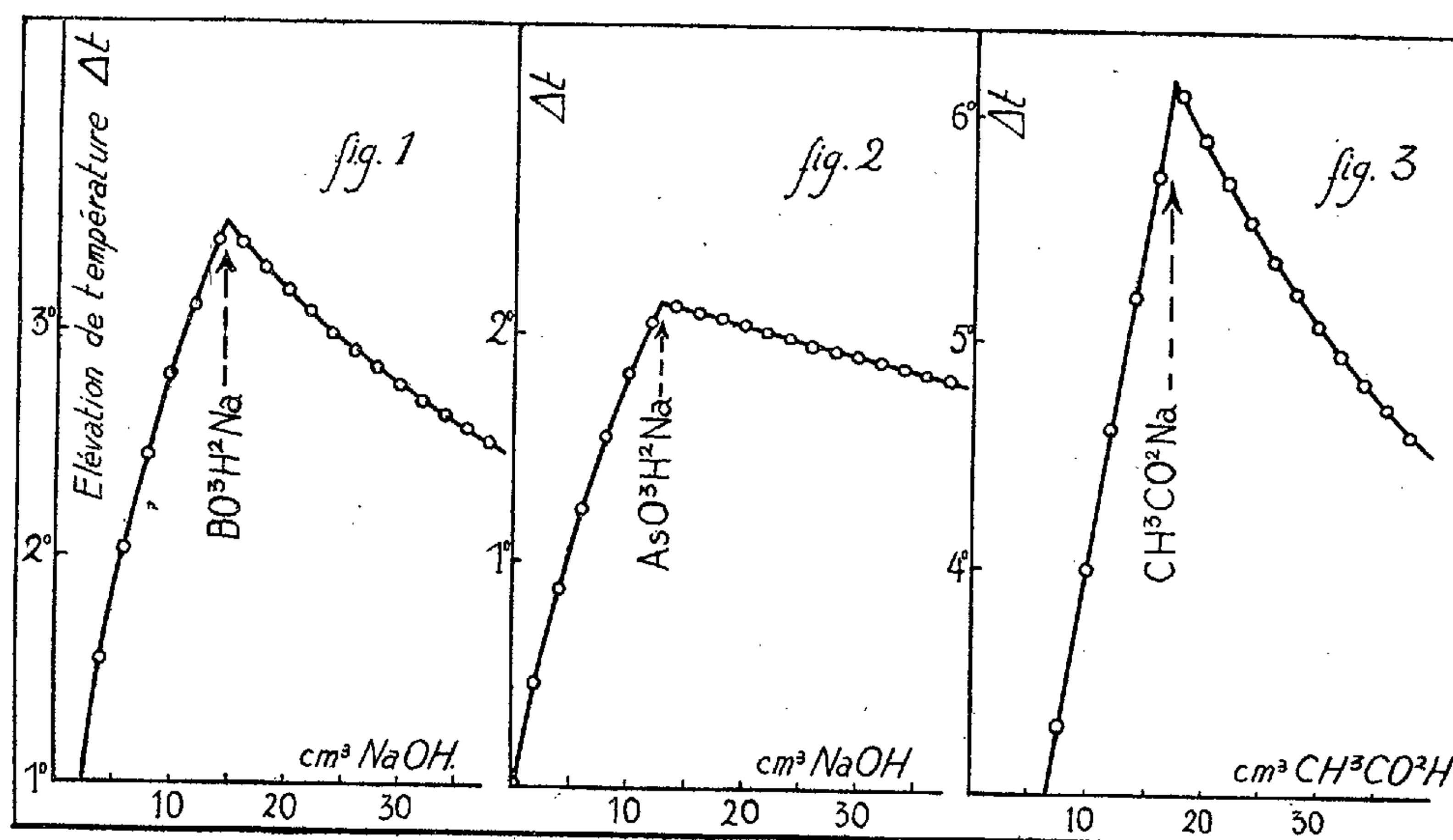
---

(¹) Séance du 11 juillet 1938.

(²) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1154; 199, 1934, p. 863.

borique et arsénieux, nous avons dû adopter des concentrations moyennes (BO^3H^3 0,5 mol/litre; AsO^3H^3 0,216 mol/litre; NaOH 1,73 mol/litre). Dans ces conditions la marche du thermomètre n'accuse aucune irrégularité au delà de première acidité et la il en est de même, à plus forte raison, aux dilutions plus élevées. Une brisure aussi accentuée et correspondant au même sel apparaît lorsqu'on opère en sens inverse, c'est-à-dire en versant l'acide dans la base.

Si l'on neutralise un acide faible par une base faible telle que l'ammoniaque, la méthode thermométrique devient particulièrement précieuse; elle permet de caracté-



riser par exemple la formation du borate monoammonique $BO^3H^2NH^4$, bien que ce sel soit déjà fortement hydrolysé en solution aqueuse. Il en est de même de la neutralisation de l'acide acétique par l'ammoniaque dont nous donnons (*fig.* 3) la courbe thermométrique, correspondant aux concentrations de 2,2 mol/litre CH^3CO^2H et 0,75 mol/litre NH^4OH. On y voit clairement que la faiblesse simultanée de l'acide et de la base ne constitue pas un obstacle à l'emploi de la méthode.

Il est donc possible de doser les acides faibles par voie thermométrique lorsque les autres procédés échouent; pourtant nous croyons plus indiqué de réserver cette méthode à l'étude du mécanisme des réactions. La facilité de son emploi, son très grand domaine d'application, que ne limitent ni la concentration ni la force des réactifs envisagés, lui confèrent alors une supériorité incontestable sur tous les autres procédés physicochimiques pouvant servir à caractériser l'évolution d'une neutralisation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Application de l'effet Raman à l'étude des complexes existant dans les solutions contenant de l'iodure mercurique et un iodure alcalin.* Note de M[lle] **Marie-Louise Delwaulle**, MM. **Félix François** et **Joseph Wiemann**, transmise par M. Robert Lespieau.

Nous avons montré, par l'effet Raman (1), que les solutions comportant à la fois du bromure mercurique et un bromure alcalin contenaient, suivant la valeur du rapport nbre-mol. $HgBr^2$/nbre-mol. MBr dans les solutions de ces corps, les deux ions complexes $(HgBr^3)^-$ et $(HgBr^4)^{--}$. L'étude des ions complexes existant en solution dans le cas de l'iodure mercurique et d'un iodure alcalin a surtout été faite pour le système $HgI^2 — KI — H^2O$; or, si l'on se reporte à la courbe de solubilité établie par M[lle] Pernot (2), on voit que la valeur du rapport nbre-mol. HgI^2/nbre-mol. KI y est toujours inférieure à 1/2. Dans les solvants organiques au contraire, la solubilité de l'iodure mercurique est relativement plus élevée que dans l'eau, tandis que celle de l'iodure de potassium y est sensiblement plus faible, en sorte que le rapport précédent peut alors être égal et même supérieur à 1. Nous nous sommes proposé d'examiner les spectres Raman de solutions contenant à la fois de l'iodure mercurique, un iodure alcalin et le solvant (eau, alcools, acétone). Grâce au choix de l'iodure de lithium comme iodure alcalin, nous avons pu dans un même solvant réaliser pratiquement n'importe quel rapport.

Les résultats obtenus correspondent exactement à ceux que nous avait donnés notre étude sur les solutions des mêmes bromures.

Après avoir vérifié que l'influence de la concentration sur la position des raies Raman était négligeable, nous avons, les raies à observer étant proches de l'excitatrice, opéré, pour diminuer les temps de pose, sur des solutions aussi concentrées que possible. La teinte jaune des solutions nous a amenés à utiliser comme excitatrice la raie 5460 Å du mercure.

Les résultats obtenus peuvent être résumés comme suit :

Quel que soit le solvant, dans le cas où la valeur du rapport nbre-mol. HgI^2/nbre-mol. MI est inférieure ou égale à 1/2, on observe dans le spectre Raman, non pas une seule raie comme l'indiquent Braune et

(1) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 108.

(2) *Thèse de Doctorat ès sciences*, Paris, 1931.

Engelbrecht (3), mais deux raies d'intensité tout à fait comparables : ν_1 119 cm^{-1} et ν_2 39 cm^{-1}. ν_1 est partiellement polarisée, ν_2 semble au contraire dépolarisée.

Dans les conditions de concentration précédentes, les auteurs sont d'accord pour considérer l'ion complexe comme étant $(HgI^4)^{--}$. La grande ressemblance du spectre Raman obtenu avec ceux de $(HgBr^4)^{--}$ et de $(CdI^4)^{--}$ que nous avons décrits (1) (4), nous a fait adopter le même point de vue.

Dans le cas où la valeur du rapport nbre-mol.HgI^2/nbre-mol.MI est supérieure à 1, nous n'observons, à côté de ν 150 cm^{-1} caractérisant les molécules HgI^2, que la fréquence ν'_1 132 cm^{-1}, d'ailleurs différente de ν_1. Aucune raie ne se détache de l'excitatrice, ce qui implique que, s'il existe une fréquence ν'_2, elle est sûrement inférieure à 28 cm^{-1}, donc nettement différente de ν_2. L'ion complexe ne peut donc plus être $(HgI^4)^{--}$.

Si l'on fait varier le rapport précédent entre les valeurs 1/2 et 1, on voit disparaître graduellement ν_2. Le pouvoir séparateur de l'appareil étant assez faible dans le jaune, il faut renoncer à l'espoir d'observer en même temps ν_1 et ν'_1; on constate simplement un élargissement de la raie ainsi qu'un déplacement progressif.

Nous ajoutons en outre l'observation décisive suivante : l'iodure mercurique a comme spectre une raie ν 150 cm^{-1}, d'intensité très forte; les molécules d'iodure mercurique libres se décèlent donc facilement, or ces molécules n'apparaissent pas pour tout rapport compris entre 0 et 1, et sont décelées au contraire pour tout rapport supérieur à 1. Ceci suppose une réaction entre les molécules HgI^2 et les ions $(HgI^4)^{--}$ pour donner de nouveaux ions. L'iodure mercurique apparaît dès que le rapport devient supérieur à 1, ce qui entraîne pour le nouvel ion la constitution $(HgI^3)^-$.

Notons que, dans la comparaison des fréquences caractéristiques de $(HgBr^3)^-$ avec celles de $(HgBr^4)^{--}$, on avait également $\nu'_1 > \nu_1$ et $\nu'_2 < \nu_2$.

Nous avons également obtenu le spectre Raman de cristaux du composé HgI^2, KI, H^2O; la seule fréquence observée est 132 cm^{-1}; c'est exactement celle que nous attribuons à $(HgI^3)^-$ en solution. Nous nous demandons donc si l'ion complexe, au lieu d'être (HgI^3), ne comporterait pas une molécule de solvant.

L'ion complexe $(HgI^4)^{--}$ aurait, comme l'ion $(HgBr^4)^{--}$ et pour les

(3) *Zeits. f. phys. Chemie,* **11**, 1903, p. 409.

(4) *Soc. Chim. France.* Section de Lille. Séance du 1er avril 1938.

mêmes raisons, une structure tétraédrique; le fait que la fréquence ν_1 est partiellement polarisée, tandis que ν_2 est dépolarisée, est bien d'accord avec cette hypothèse. Le premier doublet ([5]) des tétrachlorures de titane et d'étain est formé en effet de deux raies ω_1 et ω_3 partiellement polarisées; tandis que le deuxième doublet est constitué par les fréquences ω_2 et ω_4, qui sont dépolarisées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la trempe du fer contenant de l'oxydule de fer.* Note ([1]) de MM. **Witold Broniewski** et **Stanislas Mazgis**, transmise par M. Georges Charpy.

Dans le fer Armco, les éléments normaux des aciers au carbone (C, Mn, Si, P et S) se trouvent dans des proportions dont la somme ne dépasse ordinairement pas 0,1 pour 100, mais ils contiennent, en plus, comme impureté, une quantité, au moins égale, d'oxyde de fer sous la forme d'oxydule, FeO, au-dessus de 570° et d'oxyde salin, Fe^3O^4, à la température ordinaire (Chaudron, 1921).

La trempe permet de faire passer une partie de ces oxydes en solution, mais quelles que soient les conditions de trempe, la micrographie met en évidence des inclusions d'oxydes qui apparaissent ainsi en excès.

La mise en solution des oxydes, par la trempe du fer, modifie sensiblement ses propriétés physiques. A la température ordinaire, ces oxydes se trouvent précipités à nouveau, en provoquant ainsi des effets analogues au revenu.

Nous avons étudié l'influence de la trempe entre 500° et 1450° sur la résistance électrique, la force électromotrice de dissolution et les paramètres mécaniques du fer Armco, ainsi que l'effet d'un saisonnement après trempe, prolongé jusqu'à six semaines, à la température ordinaire.

Les résultats obtenus sont reproduits sur la figure ci-contre, dans laquelle les abscisses représentent la température de trempe.

H′, dureté Brinell; R, résistance à la traction en kg par millimètre carré; Q, limite élastique; C %, striction; A %, allongement total à la rupture sur éprouvette internationale ($l = 10d$); *b* %, allongement de striction; T, travail de rupture à la traction en

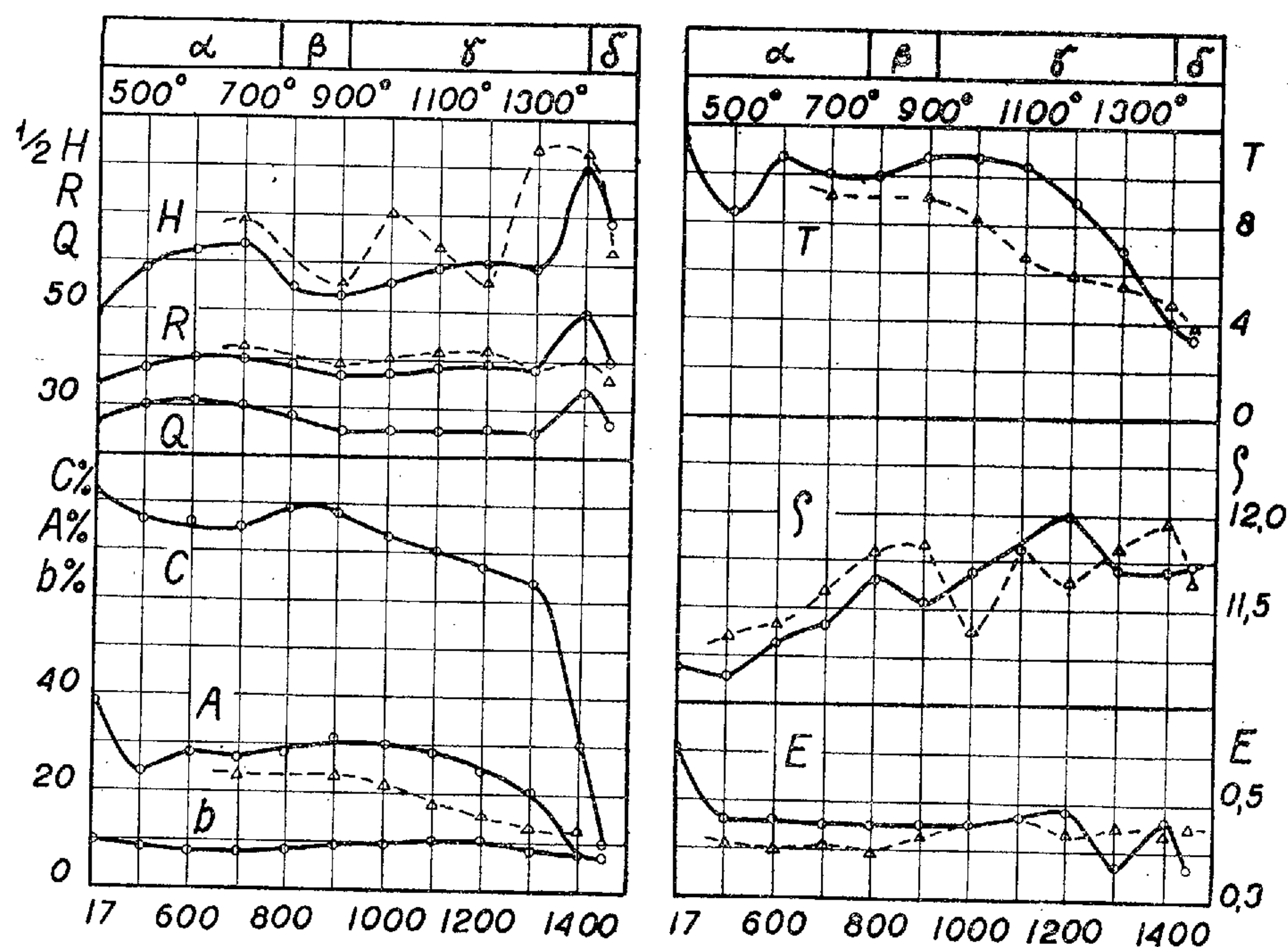
---

([5]) Kohlrausch, *Der Smekal-Raman Effekt*, p. 218.

([1]) Séance du 25 juillet 1938.

kgm par centimètre cube d'éprouvette internationale; G, résistance électrique spécifique en microhms par centimètre cube; E, force électromotrice de dissolution, en solution normale de chlorure ferrique, rapportée, en volts, à une électrode au mercure. Les diagrammes en traits continus se rapportent aux valeurs obtenues après trempe; en traits ponctués, aux valeurs obtenues après un saisonnement de six semaines à la température ordinaire.

L'effet de la trempe n'est pas régulier et devrait être rapporté non seulement à la température, mais aussi à la modification allotropique du fer



dissolvant l'oxyde. D'une façon générale, la trempe augmente la dureté, la résistance à la traction et la résistance électrique; elle diminue la traction, l'allongement à la rupture, le travail de rupture et la f. e. m. de dissolution. Le saisonnement, après trempe, accentue ordinairement l'effet de la trempe. On trouve ainsi, par exemple :

	R.	Q.	A %.	b %.	C %.	H.	ρ.
Après recuit..............	33	27	38	10	82	98	12,2
Après trempe à 700°.......	40	30	27	7	75	128	10,0
Après saisonnement.......	42	36	22	9	74	138	9,9

L'effet du saisonnement, comme celui du revenu des aciers au carbone,

fait passer certains paramètres par des maxima et des minima. Par exemple, après trempe de 1100°, aussi bien l'allongement que la striction passent par un minimum au bout de 3 jours de saisonnement et par un maximum après 8 jours.

Étant donné que ni la présence du carbone, ni le traitement désoxydant ordinaire des aciers ne fait complètement disparaître les oxydes dont une partie persiste en état d'équilibre stable, on peut se demander si les effets de trempe et surtout ceux du revenu, observés dans les aciers au carbone, ne sont pas produits par deux réactions distinctes, bien que simultanées, dues au carbone et aux oxydes de fer.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'effet Raman dans la diagnose des constituants d'un mélange de dérivés isomères dihalogénés du benzène.* Note [1] de M. **Roger Pajeau**, transmise par M. Marcel Delépine.

La bromuration du benzène ou du monochlorobenzène en vue de la préparation du dérivé paradihalogéné fournit, à côté de celui-ci (qui constitue la majeure partie du produit formé), une petite quantité d'isomères dont le rendement dépend de la nature du catalyseur employé. La présente Note a pour but d'indiquer que le bromure de glucinium et le chlorure d'aluminium orientent différemment les substitutions.

La recherche des isomères dihalogénés, par les procédés habituels, oblige à bromer des masses importantes de substances, à cause du faible rendement en produits accessoires. Par contre, l'effet Raman permet cette diagnose lorsque l'on possède seulement quelques grammes de ces derniers, même si le mélange est constitué par un liquide tenant en suspension des cristaux. Dans ce cas, on applique la méthode d'Ananthakrishnan, utilisant la raie excitatrice 4046 Å (un filtre d'entrée à l'iode dissous dans du tétrachlorure de carbone et un filtre de sortie au nitrite de sodium en solution aqueuse).

Bromuration du benzène. — La bromuration du benzène en présence de bromure de glucinium fournit une petite quantité d'isomères dihalogénés, bouillant entre 219° et 223° sous 760mm, dans laquelle le spectre Raman indique l'existence d'ortho et de paradibromobenzène.

---

(1) Séance du 25 juillet 1938.

D'autre part Leroy (¹) avait signalé qu'en employant le chlorure d'aluminium, on obtient à côté du paradibromobenzène, une quantité notable de métadibromobenzène.

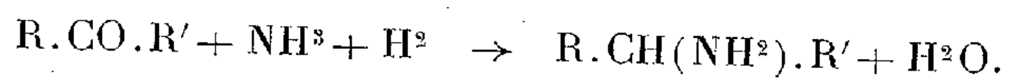
Le spectre Raman révèle en outre, dans ce cas, la présence du dérivé orthodisubstitué.

Bromuration du monochlorobenzène. — La bromuration du monochlorobenzène a été réalisée en utilisant comme catalyseur soit le bromure de glucinium, soit le chlorure d'aluminium. Le spectre Raman du mélange d'isomères indique que le premier oriente les substitutions en position para et ortho, tandis que le second fournit les trois isomères dihalogénés.

En résumé, le chlorure d'aluminium favorise la formation des trois isomères dihalogénés, tandis qu'avec le bromure de glucinium il n'a pas été possible de déceler la présence du dérivé métadisubstitué.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réduction catalytique de cétones arylaliphatiques en présence d'amines. Remarque à propos d'une synthèse de l'éphédrine.* Note (¹) de M. **Paul Couturier**, présentée par M. Richard Fosse.

Mignonac (²) a signalé que la réduction catalytique des cétones en milieu ammoniacal, à l'aide du nickel divisé, conduit généralement à des amines primaires (accompagnées parfois d'amines secondaires)



$$R.CO.R' + NH^3 + H^2 \rightarrow R.CH(NH^2).R' + H^2O.$$

Nous avons essayé d'appliquer cette réaction, en utilisant le nickel Raney, à quelques cétones du type acétophénone possédant des groupements phénoliques, dont nous avons donné (³) un mode de préparation. Auparavant, nous avons répété l'expérience avec l'acétophénone et la benzyl-méthyl-cétone.

Nous avons toujours employé un poids de nickel à peu près égal au poids de cétone à traiter. L'ammoniac en solution dans l'alcool méthylique était employé en excès de façon à éviter la formation d'amines secondaires.

La réduction de l'acétophénone dans l'alcool ammoniacal concentré est

---

(¹) *Bull. Soc. Chim.*, 2e série, **48**, 1887, p. 211.

(¹) Séance du 26 juillet 1938.

(²) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **29**, 1921, p. 129, et **30**, 1921, p. 425.

(³) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1994, et **204**, 1937, p. 800.

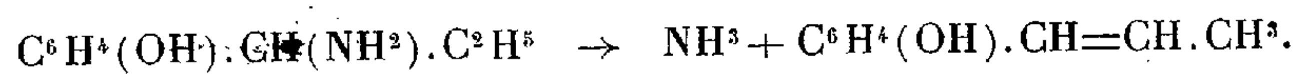
assez lente dès le début et ne peut être menée jusqu'au bout, malgré l'addition de nickel neuf. Le produit de la réaction est un mélange d'α-phényléthylamine (15 pour 100), de phényl-méthyl-carbinol (40 pour 100), et d'acétophénone initiale. La réaction produit donc surtout de l'alcool secondaire. L'ortho- et la para-méthoxypropiophénone, dans les mêmes conditions, se montrent encore plus réfractaires à la réduction. Comme dans le cas précédent, il se forme de très petites quantités des bases prévues : α(*o*- et *p*-méthoxyphényl)-propylamine accompagnée d'une quantité un peu plus importante des alcools secondaires correspondants.

Au contraire la benzyl-méthyl-cétone, dans les mêmes conditions, se transforme rapidement et presque quantitativement en β phényl-isopropylamine (dérivé benzoylé F. 128°); la proximité du noyau benzénique gêne donc de façon notable la transformation du groupement carbonyle des cétones précédentes en groupement aminométhylénique.

Lorsque le noyau porte une fonction phénolique libre, la réduction se conduit de façon très différente suivant la position du groupement OH.

L'orthohydroxypropiophénone, en solution dans l'alcool méthylique ammoniacal ou dans un excès de potasse normale additionnée d'ammoniaque, se transforme quantitativement en α-(orthohydroxyphényl)-propylamine avec une vitesse comparable à celle qu'on observe dans le cas de la benzylméthylcétone. La présence du groupement OH en position *ortho* accélère donc notablement la transformation en amine malgré la proximité du noyau et du carbonyle. Dans le cas de la *m*-hydroxypropiophénone, l'absorption d'hydrogène est rapide et théorique, mais l'unique produit de réaction est le *m*-hydroxyphényléthylcarbinol. La *p*-hydroxypropiophénone n'absorbe l'hydrogène, dans les mêmes conditions, qu'avec une extrême lenteur; il se forme une très faible quantité de la base attendue. Le platinage du nickel selon la technique de MM. Delépine et Horeau ([1]) s'est montré, ici, sans influence.

Les deux bases α(*o*- et *p*-hydroxyphényl)-propylamines sont indistillables et se décomposent dès qu'on les chauffe en ammoniac et propénylphénols. En solution chlorhydrique elles se décomposent de façon semblable à froid :



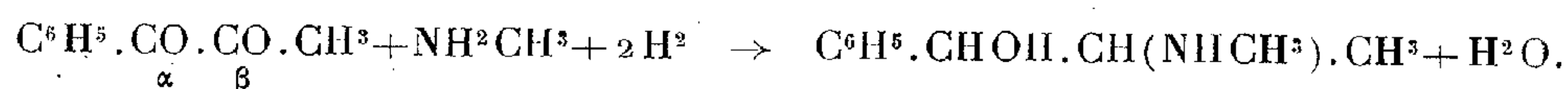
$$C^6H^4(OH).CH(NH^2).C^2H^5 \rightarrow NH^3 + C^6H^4(OH).CH{=}CH.CH^3.$$

([1]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 995.

Le dérivé dibenzoylé de la base *o*-hydroxylée fond à 124°-129° et celui de la base *p*-hydroxylée à 178°-179° (déc.).

Enfin, si l'on remplace, dans la réduction de l'*o*-hydroxypropiophénone, l'ammoniac par une amine aliphatique primaire, l'éthylamine par exemple, en léger excès, on obtient encore, avec un excellent rendement, une base : la N éthyl-α(*o*-hydroxyphényl)-propylamine (dérivé N acétylé préparé à froid F. 108°), présentant la même instabilité curieuse que les deux bases précédemment citées. Les chlorhydrates de ces trois bases sont pourtant stables s'ils sont anhydres.

Les résultats précédents permettent d'expliquer comment la réduction de la phénylpropanedione en présence de méthylamine doit donner naissance à une éphédrine, et non à un produit monoaminé en α du noyau ou diaminé en α et β :



$$C^6H^5.\underset{\alpha}{CO}.\underset{\beta}{CO}.CH^3 + NH^2CH^3 + 2H^2 \rightarrow C^6H^5.CHOH.CH(NHCH^3).CH^3 + H^2O.$$

En effet le groupement carbonyle α doit, comme dans le cas de l'acétophénone, se transformer lentement et en majeure partie en alcool secondaire, sans que l'amine présente intervienne dans la réaction, tandis que le carbonyle situé en β du noyau, comparable à celui de la benzylméthyl-cétone, se transformera rapidement et totalement en groupement $-CH(NHCH^3)-$. Cette synthèse de l'éphédrine a été réalisée par Manske et Johnson (5) en hydrogénant catalytiquement, à l'aide PtO^2, la mono-N-méthylimine de la phénylpropanedione dont ils voulaient déterminer la constitution. Skita, Keil et Baesler (6) ont effectué la même synthèse à l'aide de Pd colloïdal.

Nous avons vérifié qu'en soumettant à l'hydrogénation en présence de nickel Raney un mélange de phénylpropanedione en solution alcoolique avec un léger excès de méthylamine aqueuse à 33 pour 100, on observe une absorption rapide d'hydrogène, à vitesse constante, puis une diminution très marquée de la vitesse d'hydrogénation lorsque la moitié de la quantité théorique d'hydrogène a été absorbée. L'absorption cesse avant d'atteindre la valeur théorique. Le produit final est constitué surtout par la *d-l*-éphédrine qui s'est formée avec un assez bon rendement.

---

(5) *J. Am. Chem. Soc.*, 51, 1929, p. 580.

(6) *Ber. d. Chem. Ges.*, 66, 1933, p. 858.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la réduction des nitrites par le bacille* Coli. Note [1] de M. **Eugène Aubel**, présentée par M. Marin Molliard.

On sait que les nitrites sont réduits, en milieu acide, par un certain nombre de corps réducteurs d'origine biologique (Lemoigne, Monguillon et Desveaux), et même, en ce qui concerne la cystéine, la réduction peut encore avoir lieu, bien qu'à une vitesse moindre, en milieu alcalin. Les leucodérivés, entre autres celui de la lactoflavine, possèdent également cette propriété (Aubel, Schwarzkopf et Mlle Glaser), mais seulement dans les milieux présentant un pH inférieur à 7. Pour un pH alcalin, il faut, pour obtenir la recoloration, activer les nitrites par la lumière. On pouvait donc penser que, suivant la réaction du milieu, les nitrites seraient réduits par le bacille *Coli* non proliférant par des procès différents. Or il n'en est rien. En effet les essais faits à différents pH, en présence ou en absence de KCN ou de $CH^2ICOONa$ ont donné les résultats suivants :

Suspension bactérienne (en cm³).	NO^2Na à 0,05 % (en cm³).	Glucose à 10 % (en cm³).	H^2O (en cm³).	KCN mol/100 (en cm³).	$CH^2ICOONa$ mol/100 (en cm³).	Tampon (en cm³).	Nitrite disparu. (%).
1	1	1	1	0	0	2 pH 6	50
1	1	1	0	1	0	2 » 6	5
1	1	1	0	0	1	2 » 6	0
1	1	1	1	0	0	2 » 6,5	75
1	1	1	0	1	0	2 » 6,5	0
1	1	1	0	0	1	2 » 6,5	0
1	1	1	1	0	0	2 » 7	100
1	1	1	0	1	0	2 » 7	0
1	1	1	0	0	1	2 » 7	0
1	1	1	1	0	0	2 » 7,5	100
1	1	1	0	1	0	2 » 7,5	0
1	1	1	0	0	1	2 » 7,5	0
1	1	1	1	0	0	2 » 8	100
1	1	1	0	1	0	2 » 8	0
1	1	1	0	0	1	2 » 8	0

Dans les mêmes conditions, si l'on remplace le nitrite de sodium par du bleu de méthylène, la réduction du bleu est empêchée par $CH^2ICOONa$, mais seulement ralentie par KCN.

---

(1) Séance du 25 juillet 1938.

Ceci montre qu'il est nécessaire, pour obtenir une réduction des nitrites par le bacille *Coli* entre pH6 et pH8, qu'une déshydrogénase agisse sur le donateur qui libère l'hydrogène (procès entravé par $CH^2ICOONa$) et qu'un second système agisse lors de la fixation de l'hydrogène sur les nitrites (procès entravé par KCN). Ceci est tout à fait comparable à ce qui a été observé avec les nitrates par Quastel, par Loffler et Rigler et par nous-même.

Il faut avoir soin de tamponner fortement les milieux, au moins ceux qui sont entre pH6 et pH7,5, sans cela on a un pH final inférieur à 6 et, dans ce cas, les nitrites ou plutôt l'acide nitreux disparaît parallèlement en absence ou en présence de cyanure. Ce fait est à rapprocher de la recoloration des leucodérivés par les nitrites à pH inférieur à 7, recoloration que KCN n'empêche pas, et aussi des résultats obtenus par Lemoigne, Monguillon et Desveaux.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Adsorption du virus de la clavelée par l'alumine hydratée. Virulence du complexe. Application à la vaccination.* Note de M. **Lucien Balozet**, transmise par M. Emmanuel Leclainche.

La propriété de l'hydrate d'alumine, préparé par la technique de Willstätter, d'adsorber les toxines et leurs dérivés et les virus, a été mise à profit, en ces dernières années, par plusieurs auteurs. Les virus suivants ont pu être fixés sur l'hydrate d'alumine : virus de la vaccine (Andrews, 1928; Yaoi et Kasai, 1929; Tenez, 1932), virus de la poliomyélite (C. P. Roads, 1930), virus du sarcome de Rous (Fränkel, 1931), virus de la peste aviaire (Doerr et Gold, 1932; S. Schmidt et J. Oerskov, 1935), virus de la fièvre aphteuse (Pyl, 1931; A. Hansen et S. Schmidt, 1936). S. Schmidt, seul ou avec A. Hansen et H. O. Schmidt-Jensen, étudie les propriétés immunisantes du complexe hydrate d'alumine virus aphteux (Cf. notamment, *Rev. d'Immunologie*, II, 1936, p. 374 et *Z. f. Immforschung*, 92, 1938, fasc. 4/5).

Nous avons pu réaliser l'adsorption du virus de la clavelée par l'alumine hydratée en opérant ainsi qu'il suit :

Adsorption. — Le virus claveleux (claveau) est dilué au 1/5 dans de l'eau distillée et ajouté, goutte à goutte, dans un volume égal de précipité d'alumine pendant qu'un agitateur mécanique maintient le mélange en mouvement. L'agitation est prolongée

pendant 30 minutes. Le mélange est ensuite abandonné au repos pendant 24 heures à 4°.

Des lavages sont alors effectués. Le mélange de la veille est centrifugé. Le liquide surnageant est remplacé par une solution à 2,4 pour 100 de phosphate disodique, centrifugé de nouveau, lavé une deuxième fois dans la solution phosphatée et centrifugé. Il est fait ensuite trois lavages dans la solution physiologique de NaCl. Après le dernier, de l'eau physiologique est ajoutée pour ramener au volume primitif. Toutes les eaux de lavage sont conservées.

Le virus claveleux s'est solidement fixé sur le précipité d'alumine. Le liquide surnageant de la première centrifugation ne contient pas de virus. Ni les éluages avec la solution de phosphate, ni les lavages à l'eau physiologique ne libèrent de virus. L'expérience suivante, choisie comme exemple, le montre :

Expérience. — Le mouton 177 est inoculé, sur les côtés du thorax, dans le derme avec 1^{cm^3} de chacune des dilutions au 1/10e, 1/100e, etc., du précipité d'alumine ayant fixé le virus claveleux.

Le mouton 178 est inoculé, dans les mêmes conditions, d'un côté avec le liquide surnageant de la première centrifugation et avec les liquides de chaque éluage et lavage. Chacun est inoculé à la dose de 1^{cm^3} de liquide, non dilué et dilué au 1/10e et au 1/100e. De l'autre côté, le mouton est inoculé avec des dilutions au 1/10e, 1/100e, etc., du claveau non traité.

Le mouton 177 présente une fièvre faible du 6e au 9e jour (40°,3) et, aux points d'inoculation du virus aluminé dilué au 1/10e et au 1/100e, des réactions locales sur le caractère desquelles nous reviendrons.

Le mouton 178 présente une fièvre forte du 4e au 8e jour (41°,8) et des pustules du caractère habituel à partir de la dilution de claveau de 1/10000e. *Aucun des liquides de centrifugation du précipité d'alumine ne donne la moindre réaction.*

Dans cette expérience, le claveau s'est montré virulent à la dilution de 1/10000e. Les liquides de centrifugation ne contenaient pas de virus décelable par l'inoculation. Le précipité d'alumine était virulent dilué au 1/100e; si l'on tient compte de la première dilution précédant l'adsorption, le virus y est dilué au 1/1000e.

Les réactions locales produites par l'inoculation, dans le derme, du précipité virulent d'alumine, diffèrent des pustules claveleuses expérimentales obtenues par l'inoculation du claveau. Elles sont moins rouges et plus circonscrites, ne prennent jamais le caractère de papules ou de pustules. Avec les fortes doses, un point ecchymotique peut apparaître, suivi d'une croûte brune, adhérente. Le plus souvent, les phénomènes inflammatoires sont assez peu marqués et disparaissent en laissant un noyau dur, fibreux.

Inoculé sous la peau, le précipité virulent provoque un nodule induré, de caractère inflammatoire en général peu marqué, suivi de la persistance, au point d'inoculation, d'un petit noyau qui, pour les faibles doses, donne la sensation d'un grain de plomb sous la peau.

L'inoculation, *sous* la peau, d'une dose faible de précipité virulent, capable de donner une réaction locale si elle est inoculée *dans* la peau, ne provoque pas de réaction locale chez tous les moutons inoculés. Une proportion, variable avec les troupeaux, ne montre pas de réaction. Ces moutons, malgré cette absence de réaction, sont immunisés.

Une dilution convenable de précipité virulent, établie par un titrage sur des moutons, peut être utilisée pour la vaccination. Des essais portant sur plus de 2000 moutons ont montré que le virus adsorbé par l'hydrate d'alumine se comporte, au point de vue du nombre et de l'intensité des réactions vaccinales, à peu près comme le vaccin sensibilisé de l'Institut Pasteur d'Algérie, inoculé parallèlement, à titre de comparaison. Certains de ces essais ont été faits sur des moutons de race sarde dont la sensibilité à la clavelée approche celle des moutons du nord de la France. Ces essais ne sont pas moins satisfaisants que ceux pratiqués sur les moutons de races locale.

La séance est levée à 15h20m.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 23 mai 1938.)

Note de MM. *Georges Choubert* et *Louis Neltner*, Les phénomènes d'intrusion et de métamorphisme dans le Précambrien de Kerdous (Maroc) :

Page 1579, ligne 8, *au lieu de* Neltmer, *lire* Neltner.

(Séance du 8 juin 1938.)

Note de M. *Marc Krasner*, Une généralisation de la théorie locale des corps de classes. Valeur de conducteur. Interprétation d'une formule de M. Artin. Loi de limitation pour les extensions galoisiennes. Structure des $s_{K/k}^{(f',e')}$ et sa liaison avec la théorie de la ramification :

Page 1698, lignes 10 et 12, *au lieu de* $A_k^{(f',e')}(]w(t)[)$, *lire* $A_k^{(f',e')}(w(t))$.

(Séance du 13 juin 1938.)

Note de M[lle] *Dinah Biquard*, Sur le spectre Raman de l'indanone :

Page 1825, ligne 19, *au lieu de* $0^g,32$, *lire* $0^g,16$; ligne 21, *au lieu de* 100^{cm^3}, *lire* 1000^{cm^3}.

(Séance du 27 juin 1938.)

Note de M. *Marc Krasner*, Une généralisation de la théorie locale des corps de classes. Généralisation du symbole de Hasse et la loi d'isomorphisme par les extensions galoisiennes. Analogue local de la loi de densités de Tschebotaröw :

Page 1942, ligne 21, *au lieu de* K/k est, *lire* si K/k est; ligne 30, *au lieu de* $m(\gamma)(f'e)^{-1} A_k^{(f',e')}(]\psi(t)[)$, où $\{f, e\}$ est le type de K/k; en particulier, *lire* $m(\gamma)(f'e')^{-1} A_k^{(f',e')}(w(t))$; en particulier, $\{f, e\}$ étant le type de K/k.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 AOUT 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de l'Assomption la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 17 août au lieu du lundi 15.

CORRESPONDANCE.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la dispersion d'un courant turbulent d'air et l'écoulement des eaux souterraines*. Note (¹) de M. **Kiugoro Kitagawa**, présentée par M. Henri Villat.

MM. M. Luntz et A. Japy (²) ont étudié la dispersion de la chaleur par convection turbulente et la mesure de la turbulence. Cette dispersion offre avec celle de l'écoulement des eaux souterraines, une similitude statistique remarquable.

Soit le plan des xy le niveau des eaux souterraines; soit ox la direction du gradient maximum de pression hydraulique, c'est-à-dire la direction parallèle à la vitesse moyenne du courant d'eau, et oy l'axe perpendiculaire représentant des écarts de l'écoulement d'eau souterraine. La distri-

---

(¹) Séance du 18 juillet 1938.

(²) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 821.

bution des écarts obéissant à la loi normale de Gauss, on a (³)

$$hx_0 = B \tag{1}$$

ou

$$\frac{\sigma}{x_0} = \frac{1}{\sqrt{2}B}, \tag{1^{bis}}$$

en désignant par h la précision de mesure, par σ l'écart type, et par B une constante.

Ces lois se sont vérifiées avec un modèle de laboratoire (⁴) et par expériences faites dans le sol (⁵).

2. Voyons si la formule (1) est aussi applicable au cas de la dispersion par convection turbulente d'un courant d'air. MM. Luntz et Japy ont mesuré la chaleur alors emportée par convection. Soit T la température le long d'une droite $x = x_0$ en fonction de l'ordonnée y. Ces auteurs ont obtenu la relation

$$T(x_0, y) = T_0(x_0)\, e^{-[A(x_0)]^2 y^2}, \tag{2}$$

$T(x_0, y)$ étant la température au point (x_0, y) et $T_0(x_0)$ la température le long de la droite Ox. Puis ils ont, d'après M. Taylor, utilisé, dans le voisinage de la source, la relation

$$A(x_0) = \frac{B}{x_0}, \tag{3}$$

B étant le coefficient de turbulence.

Si l'on compare (3) avec (1), on y trouve, en gros, une similitude statistique entre le courant turbulent d'air et l'écoulement des eaux souterraines.

Le flux de chaleur traversant un plan $x = x_0$ est égal à la chaleur Q fournie par la source, en négligeant la conductibilité thermique et le rayonnement. On aura donc

$$Q = \iint \rho c u T(x_0, y)\, dS, \tag{4}$$

ρ étant la densité de l'air, c sa chaleur spécifique à pression constante, et u sa vitesse moyenne de la direction x. Pratiquement on peut supposer

---

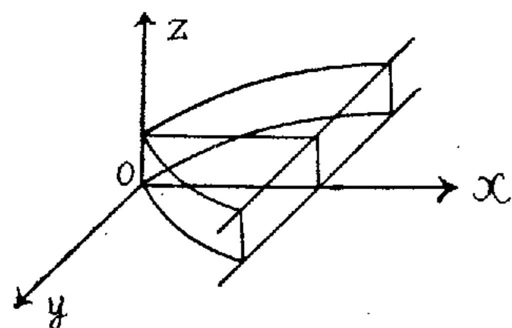
(³) K. Kitagawa, *Mém. Coll. Sc. Univ. Imp. Kyôto*, A, **15**, 1932, p. 203.

(⁴) *Ibid.*, A, **17**, 1934, p. 37 et 431.

(⁵) *Ibid.*, A, **18**, 1935, p. 129.

la densité constante [6]. La chaleur spécifique reste constante entre 0° et 100° [7].

3. Étudions une source de chaleur rectiligne de longueur infinie, et disposée le long d'un axe oz normal au plan des xy (*fig.* 1); si la source



fournit Q calories par centimètre et par seconde, on obtient la formule suivante pour la distribution des températures, en posant $dS = 1 \times dy$ dans (4)

$$Q = \rho c u\, T_0(x_0) \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{B^2 y^2}{x_0^2}}\, dy = \sqrt{\pi}\,\rho c\, \frac{u T_0(x_0)\, x_0}{B}.$$

Remplaçant $T_0(x_0)$ par cette valeur dans (2), on a alors

$$(5) \qquad T(x_0, y) = \frac{1}{\sqrt{\pi}\,\rho c}\, \frac{QB}{u x_0}\, e^{-\frac{B^2 y^2}{x_0^2}}.$$

La distribution des températures obéit donc à la loi de Laplace-Gauss. En changeant d'échelle, on aura

$$(6) \qquad T_1(x_0, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma}\, e^{-\frac{y^2}{2\sigma^2}},$$

avec

$$(7) \qquad T(x_0, y) = \frac{Q}{\rho c u}\, T_1(x_0, y)$$

et

$$(8) \qquad \frac{\sigma}{x_0} = \frac{1}{\sqrt{2}\,B}.$$

La relation (8) est de même forme que (1 *bis*). On y retrouve maintenant sur le courant d'air, la notion de proportionnalité de l'écart type σ et de l'espace parcouru x_0, comme déjà signalée sur l'écoulement des eaux

(6) LANDOLT et BÖRNSTEIN, *Phys. Chem. Tabellen*, **2**, 1923, p. 1274.
(7) LANDOLT et BÖRNSTEIN, *Phys. Chem. Tabellen*, **1**, 1923, p. 43.

souterraines. L'écart type est en général une fonction linéaire de l'espace x_0 et de la vitesse moyenne u.

Il y a donc similitude statistique entre la dispersion de la chaleur emportée par convection turbulente du courant d'air et la dispersion par sous-sol de l'écoulement des eaux souterraines.

PESANTEUR. — *Principe d'une méthode de mesure rapide de g en valeur relative.* Note de M. **Gérard Bertrand**, transmise par M. Aimé Cotton.

M'étant proposé de mesurer l'accélération de la pesanteur par une méthode statique, j'ai été conduit à imaginer une méthode de mesure des forces qui semble susceptible d'autres applications. Cette méthode fait appel aux propriétés dynamiques des cordes vibrantes, mais, par sa rapidité, elle s'apparente aux méthodes de mesures statiques.

Une corde verticale est tendue par le poids Mg d'une masse M. La fréquence de sa vibration fondamentale $F = 1/2L\sqrt{Mg/\mu}$ varie avec g et peut permettre d'en déterminer les variations; de la mesure de F on déduira la valeur de g grâce à un étalonnage préalable de l'appareil, réalisé en ajoutant des surcharges connues à la masse M.

Une bonne mesure de g exige que l'on puisse déterminer F (en valeur relative) avec une précision de l'ordre de 10^{-6}; ceci est possible par la méthode décrite ci-dessous utilisant un multiplicateur de fréquence.

Pour faire produire à la corde le courant de fréquence F qui agit à l'entrée du multiplicateur de fréquence, on emploie un montage rappelant le principe du pick-up : la corde est constituée d'un métal ferromagnétique et vibre au voisinage des pôles d'un aimant en fer à cheval entouré d'un bobinage où les vibrations de la corde induisent une f. é. m. de fréquence F; cette f. é. m. est ensuite amplifiée en évitant toute possibilité de réaction des circuits suivants sur la corde. Quant à l'entretien des vibrations de la corde, il peut se faire par un procédé électromagnétique utilisant une lampe triode ou par un jet d'air (son de sillage).

La mesure des variations de F se fait en multipliant cette fréquence de façon à obtenir une haute fréquence de l'ordre de 1000 kilocycles qui en soit un harmonique d'ordre très élevé et qui en suive fidèlement les faibles variations relatives.

Le multiplicateur de fréquence fonctionne par synchronisation d'oscilla-

teurs à lampes; chaque étage est *accroché* sur un harmonique du précédent et en suit parfaitement les variations tant que celles-ci sont assez faibles. Mes essais ont porté sur le montage d'un multiplicateur de fréquence plus simple et moins encombrant que ceux utilisés ordinairement; des facteurs de multiplication de 10 par étage sont faciles à obtenir, et la zone de synchronisation est assez large pour l'utilisation envisagée, les variations de g à la surface de la terre étant faibles.

La mesure des variations de la haute fréquence obtenue est alors facile à faire avec précision et rapidité par comparaison avec la fréquence voisine d'un oscillateur stabilisé par quartz, et différentes méthodes utilisant des doubles battements pourront donner la précision nécessaire.

Les corrections auxquelles peut donner lieu la méthode se classent de la façon suivante :

1° Dilatation thermique de la corde.

2° Correction de raideur; elle n'intervient que par ses variations liées à celles du module d'Young. En employant une corde en invar de dimensions convenables, ces deux premières corrections peuvent se compenser. Elles sont d'ailleurs faibles, de l'ordre de 10^{-6} par degré.

3° Correction d'amplitude; la fréquence des vibrations de la corde dépend de leur amplitude; celle-ci est assez difficile à mesurer directement; il suffira de la repérer en mesurant une grandeur qui en dépende, par exemple la f. é. m. à la sortie de l'amplificateur et de déterminer au préalable comment varie la fréquence en fonction de cette f. é. m.

4° Entraînement du support; il faudra éviter toute possibilité de résonance qui modifierait, dans une proportion peut-être variable, la fréquence propre de la corde.

5° Variation de la poussée d'air; la correction est facile à évaluer.

Des essais réalisés avec une multiplication assez faible (7×10) ont donné de bons résultats quant à la sensibilité obtenue par l'écoute des battements de la fréquence finale avec une fréquence voisine; ils ont montré la grande importance de la correction d'amplitude et la nécessité d'éviter toute réaction des circuits oscillants sur la corde.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'indétermination dans l'espace des moments et l'origine des gerbes à explosion.* Note [1] de M. **Gleb Wataghin.**

Dans quelques Notes récentes [2] nous avons présenté les idées suivantes. Il existe une nouvelle espèce d'indétermination dans l'espace des moments, correspondant aux limitations de nos possibilités de mesure des impulsions, ces limitations dérivant de la nature des *forces de rayonnement* β. Il est possible de formuler cette indétermination au moyen d'une nouvelle algèbre des états quantiques. Dans celle-ci, on substitue au système complet de fonctions propres des opérateurs $-ih(\partial/\partial x)$ de l'impulsion p (ondes planes) un nombre fini d'états quantiques représentés par d'autres fonctions qui ne sont pas en général orthogonales, mais qui, pour des valeurs de p inférieures à une valeur critique $h/\pi_0 = b = 137\,mc$, ne diffèrent que très peu des représentations ordinaires de la théorie quantique.

Ces états sont définis par rapport à des mesures faites avec des appareils en repos dans un système Lorentzien. Pour les valeurs de p, relatives à ce système, telles que $p > b$, un état quantique nouveau remplace tout un ensemble $n(p)$ des états quantiques ordinaires, qui apparaissent indiscernables à l'observateur Lorentzien. En se rappelant la corrélation entre les états quantiques et les cellules de phase, on peut dire que pour $p > b$ les cellules quantiques nouvelles s'obtiennent par fusion d'un nombre n des cellules ordinaires contiguës, ce nombre $n(p)$ étant l'inverse du *facteur de convergence* $G(p)$. Dans l'intervalle $(p, p+dp)$ il y a $dz = (8\pi/c^3)V.G(p)p^2dp$ états quantiques nouveaux.

L'invariance relativistique se trouve satisfaite si l'on introduit dans le formalisme de l'électrodynamique (relativistique) des opérateurs qui dépendent des modules invariants des différences de deux 4-vecteurs p et si l'on attribue la non-orthogonalité des états et leur indétermination à la nature de l'interaction entre les corpuscules observés et les appareils de mesure liés au système de référence employé. « Il existe toujours dans le dispositif des mesures une partie d'un appareil qui constitue le système de référence proprement dit (par exemple dans le cas du γ-microscope c'est le diaphragme de l'objectif qui détermine la diffraction). Une analyse

(1) Séance du 20 juin 1938.

(2) *Boletim da Faculdade de Filosofia da Universidade de S. Paulo*, 1, 1938, p. 31; *R. Acc. Lincei* (en cours de publication).

détaillée montre que par rapport à un tel système, le produit $\Delta p_x \Delta x$ devient beaucoup plus grand que h pour $p > b$ et tend à l'∞ pour $p \to \infty$. » On peut construire un exemple des représentations des états satisfaisant l'algèbre nouvelle en substituant les représentations usuelles $\varphi(p, x)$ des ondes planes, par $\psi(p, x)$

$$\psi(p, x) = \int G'(p, k)\, dk\, \varphi(k, x), \tag{1}$$

où $G'(p, k)$ est une fonction de p telle que, pour $p < b$, ψ s'approche sensiblement de φ et G' de la fonction $\delta(p - k)$ de Dirac tandis que, pour $p < b$, G' est du type de la fonction de Gauss $\sim \exp\left[-\frac{(p-k)^2}{b\Delta p}\right]$ où Δp est défini par

$$\frac{8\pi}{c^3} V . G(p)\, p^2 \Delta p = n(p). \tag{2}$$

L'algèbre des états quantiques non-orthogonaux est basée essentiellement sur l'importance de l'interaction des objets observés avec les appareils de mesure et, par conséquent, sur l'importance du choix du système de référence (en accord avec les idées connues de Bohr).

Remarquons aussi que l'indétermination décrite ci-dessus n'est pas une conséquence de l'indétermination dans les régions de l'espace-temps de dimensions $\Delta x < r_0 = h/b$ discutée par plusieurs auteurs [2]. Car, selon le principe de complémentarité, les mesures de précision maximale de l'impulsion doivent être faites en laissant indéterminés l'espace et le temps. Cette indétermination des moments peut être due ou à la participation des neutrinos, dont nous ne savons pas mesurer l'impulsion jusqu'à présent, ou bien à la participation des gerbes, des électrons pesants etc.

Par la méthode des états non-orthogonaux, on obtient des résultats convergents dans les problèmes de l'énergie propre et le *break-down* des formules ordinaires pour les chocs de grande énergie et de grand angle de diffusion. En effet, en observant que le facteur de convergence réduit les pertes d'énergie par rayonnement, on se rend compte du pouvoir pénétrant *anormal* des électrons ayant $p > b$ et de la possibilité d'avoir une masse de repos fonction de l'énergie.

Examinons le mécanisme probable d'une gerbe à explosion : deux corpuscules se choquent et produisent plusieurs corpuscules secondaires (si dans le système de référence lié au centre de gravité leurs p sont $|p| < b$). Étant donné les propriétés des états non-orthogonaux ψ, le calcul des perturbations montre que déjà dans le premier ordre la pro-

babilité d'une gerbe est égale à celle de l'émission d'un seul corpuscule. La distribution des impulsions de ces corpuscules d'une gerbe, dans le système lié au centre de gravité, possède une symétrie sphérique. Le problème de déterminer les états finaux des particules se réduit ainsi à la détermination de la probabilité des transitions en fonction de $|p|$. Étant donné la loi de distribution des états $dz = (8\pi/c^2)V.G(p)p^2dp$ et remarquant que le produit $G(p)p^2$ possède un maximum très prononcé pour $p \sim b$, on déduit que la grande majorité des états ψ est distribuée autour de la valeur b. Par conséquent dans le système lié au centre de gravité les particules d'une gerbe ont une énergie probable bc. Dans un système où le centre de gravité d'une gerbe se meut avec vitesse ultra-relativistique $v \sim c$, son aspect est tout à fait différent du fait que ses corpuscules se trouvent projetées presque tous dans un angle $\alpha \backsim b/p$, où $p \sim b/(\sqrt{1-\beta^2})$ est l'impulsion dans la direction de la vitesse $v = \beta c$ du centre de gravité [voir les gerbes *dures* étudiées par Bothe].

CHIMIE PHYSIQUE. — *État de surface et oxydabilité du cobalt.* Note de Mme **Germaine Chauvenet**, transmise par M. Georges Urbain.

I. Un échantillon de cobalt, abandonné à la température ordinaire, évolue progressivement, en devenant de moins en moins sensible à l'oxygène à température élevée. Les caractéristiques du métal à 97,76 pour 100, étiré en fil de 5^{mm} de diamètre et étudié (¹) *deux mois environ après manufacture*, serviront de termes de comparaison : sous la surface de s cm², à la température absolue T, ce cobalt absorbait au bout de t heures, un nombre de grammes

$$\nu = 8{,}51\, s e^{-\frac{8320}{T}} \sqrt{t}.$$

La courbe I de la figure 3 ($n = \nu/s$) traduit ce résultat.

II. Utilisant des portions du même fil, *à une année d'intervalle*, j'ai constaté que, sous des conditions identiques, la quantité fixée au même instant était de 25 pour 100 plus faible. Son carré est encore proportionnel au temps (*fig.* 1), et ceci signifie (²) que la réaction qui s'effectue à la séparation des phases est toujours plus vive que la diffusion qui s'établit à

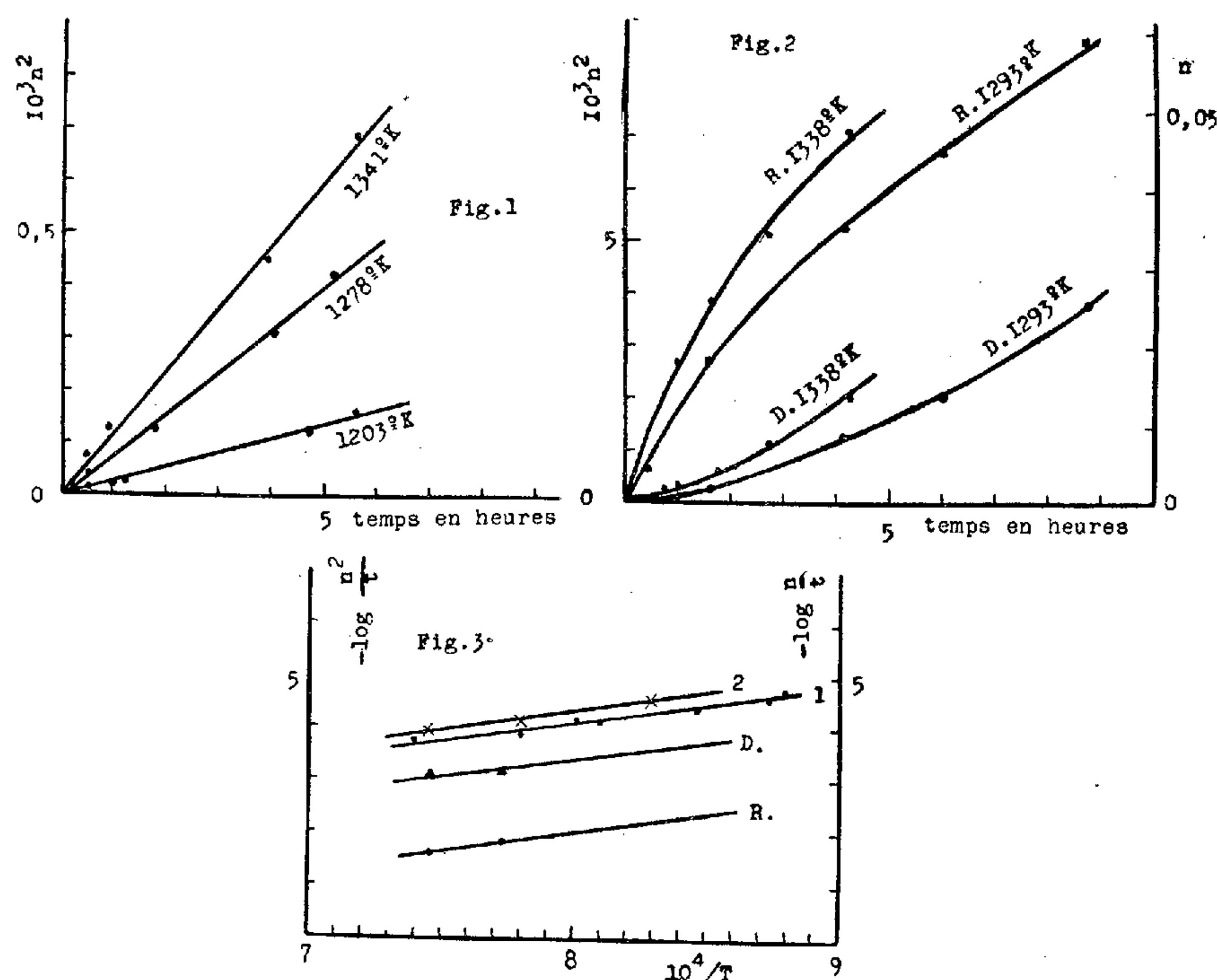
(¹) En collaboration avec G. Valensi, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 3171.
(²) Voir par exemple G. Valensi, *Métaux et corrosion*, 12, 1937, p. 161 et 195.

travers l'oxyde. La courbe 2 de la figure 3, qu'interprète la formule

$$\nu = 6{,}31 s e^{-\frac{8320}{T}} \sqrt{t},$$

montre que l'énergie d'activation n'est cependant pas modifiée.

III. Pour savoir s'il s'agissait d'un vieillissement physique intéressant toute la masse du métal, ou d'une altération chimique localisée à la surface, j'ai oxydé des échantillons dépouillés au tour de 1mm environ de leur épaisseur initiale, et convenablement polis. Non seulement la corrosion s'en est trouvée accrue, mais encore la loi parabolique habituelle n'a plus été vérifiée, comme l'accusent les courbes D de la figure 2. La quantité



absorbée elle-même n'est pas non plus proportionnelle au temps, ainsi qu'il ressort des courbes R, et l'on peut en déduire, en analogie avec certaines observations sur le système acide benzoïque-ammoniac (3), et conformément à une théorie d'Evans (4), que les vitesses élémentaires de réaction et diffusion sont ici de même ordre.

(3) Mme D. Markowska et G. Valensi, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 948.

(4) U. R. Evans, *Trans. Am. Elect. Soc.*, 46, 1924, p. 247.

Les isothermes comportent alors deux termes en n, dont les coefficients ne dépendent d'ailleurs pas de l'épaisseur éliminée :

A 1338° K......... $0,033\,n + n^2 = 0,000877\,t$

à 1293° K......... $0,044\,n + n^2 = 0,000672\,t$

Deux constantes cinétiques se déduisent, d'une part, de la limite de n^2/t avec n infini, pour la diffusion, d'autre part, de n/t avec n nul, pour la réaction. Les courbes R et D de la figure 3 expriment leurs variations avec la température, qui correspondent sensiblement à la même énergie d'activation, et que résument les formules

$$\nu_D = 19,28\,s\,e^{-\frac{8520}{T}}\sqrt{t}, \qquad \nu_R = 8983\,s\,e^{-\frac{17040}{T}}\,t.$$

L'expression générale serait

$$0,041\,\frac{\nu}{s} + \frac{\nu^2}{s^2} = 371,7\,e^{-\frac{17040}{T}}\,t.$$

IV. Il est donc établi que du cobalt fraîchement dénudé est particulièrement vulnérable à haute température, la vitesse de diffusion à travers son oxyde étant de même ordre que sa vitesse d'oxydation proprement dite. Peu à peu cependant, il se recouvre à froid d'une pellicule invisible qui ralentit le premier phénomène, au point d'abaisser la quantité d'oxygène fixée dans les mêmes conditions, à la moitié au bout de deux mois, et au tiers au bout d'un an. La nature exacte de cette contamination est encore inconnue. Il ne peut s'agir d'un simple film d'oxyde, dont l'effet serait négligeable, ou d'hydrocarbonate, décomposable à chaud. D'autre part l'hydrogène sulfuré ne s'est pas révélé susceptible de conférer au métal une passivité *immédiate*, bien qu'il le ternisse très nettement.

PHYSICOCHIMIE. — *La dissociation électrolytique de l'iodure de cadmium.* Note [1] de M. **Yves Doucet**, transmise par M. Charles Fabry.

I. Une étude cryoscopique a été faite dans l'hydrate salin fondu $CaCl^2$, $6H^2O$. Les abaissements cryoscopiques sont notés θ dans le tableau ci-contre où C est la concentration en *g* pour 100 et *m* la molarité.

---

[1] Séance du 1er août 1938.

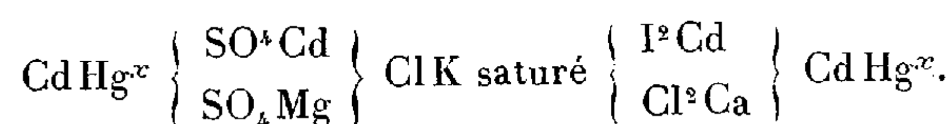
TABLEAU I.

C pour 100.	m.	θ.	$\frac{\theta}{m}$.	j.	$\frac{j}{m}$.	γ.
0,103	0,0028	0,06	21,4	0,144	51,5	
0,113	0,0031	0,07	22,6			
0,235	0,0064	0,11	17,15	0,314	49	
0,344	0,0094	0,14	14,9			
0,410	0,0112	0,18	16,1	0,356	32	
0,483	0,0132	0,20	15,15			
0,495	0,0135	0,17	12,6			
0,732	0,0200	0,235	11,75	0,53	26	0,59
0,85	0,0232	0,275	11,85			
0,89	0,0243	0,30	12,3			
0,98	0,0268	0,30	11,2			
1,08	0,0295	0,33	11,1			
1,29	0,0353	0,35	10,0	0,60	17	0,408
1,56	0,0426	0,42	9,85			
1,81	0,0494	0,45	9,15			
1,84	0,0503	0,44	8,75	0,65	12,9	0,317
2,08	0,0567	0,50	8,80			
2,59	0,0707	0,58	8,15			
2,90	0,0793	0,63	7,95	0,68	8,6	0,236
3,24	0,0885	0,675	7,6			
3,94	0,108	0,76	7,05	0,72	6,66	0,188
5,00	0,137	0,89	6,5			
5,48	0,150	0,95	6,33			
6,1	0,167	1,03	6,17	0,75	4,51	0,134
6,5	0,177	1,07	6,02			
7,5	0,205	1,19	5,8	0,77	3,74	0,112
7,7	0,210	1,21	5,75			
9,2	0,252	1,41	5,6	0,78	3,08	0,094

La courbe des abaissements moléculaires en fonction de m s'abaisse très rapidement quand m augmente. L'extrapolation rectiligne, pour des concentrations de 0,12 à 0,30 molg/litre, donne un abaissement moléculaire limite égal à deux fois la constante du solvant. Il y aurait donc dissociation en deux ions. La courbe se relève très vite en solution étendue et, pour une concentration nulle, il est possible de faire passer la courbe par le point d'ordonnée 25 correspondant à 6 ions.

Dans le tableau I ont été également portées les valeurs de la quantité j de Lewis et Randall, qui représente l'écart à la loi limite de Raoult et le coefficient d'activité moyen γ de l'électrolyte qui se déduit de j.

II. Pour obtenir des vérifications, on a effectué des mesures de f. e. m. de la pile



$$\mathrm{Cd\,Hg}^{x} \left\{ \begin{matrix} \mathrm{SO^4Cd} \\ \mathrm{SO_4Mg} \end{matrix} \right\} \mathrm{ClK\ saturé} \left\{ \begin{matrix} \mathrm{I^2Cd} \\ \mathrm{Cl^2Ca} \end{matrix} \right\} \mathrm{Cd\,Hg}^{x}.$$

Les détails sur ces mesures sont donnés ailleurs (2). On obtient une représentation correcte de la formule de Nernst en utilisant les valeurs de γ déduites de la cryoscopie.

III. Une autre étude cryoscopique a été faite dans l'eutectique NO^3K, H^2O préconisé par Muller (3). Les résultats sont donnés dans le tableau II pour les concentrations non utilisées par Muller. Les conditions d'adiabatisme ont été telles que les paliers de fusion peuvent être déterminés à une précision qui n'est limitée que par les sauts du mercure (1°/1000) dans le thermomètre différentiel.

TABLEAU II.

Molarité m.	0,0551	0,0292	0,0124	0,00635	0,00542	0,00367	0,00288	0,00134
θ en 1°/100..	14,5	9	5	3	2,6	2	1,7	1
$\frac{\theta}{m}$........	2,63	3,08	4,04	4,73	4,80	5,45	5,90	7,45

Les résultats de Muller se retrouvent pour les concentrations plus élevées; on constate encore une dissociation en deux ions. Mais elle est suivie en solution étendue par une augmentation rapide du nombre des ions actifs. Nous proposons d'admettre que I^2Cd existe, en solution moyennement concentrée, à l'état de complexe $(I^4Cd)^{--}Cd^{++}$. En solution diluée, la partie dissimulée se dissocierait et donnerait à la limite les six ions correspondant à la formule I^4Cd^2.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide paracyclohexylphénoxyacétique et quelques-uns de ses dérivés.* Note (1) de MM. **Daniel Bodroux** et **André Chatenet**, transmise par M. Marcel Delépine.

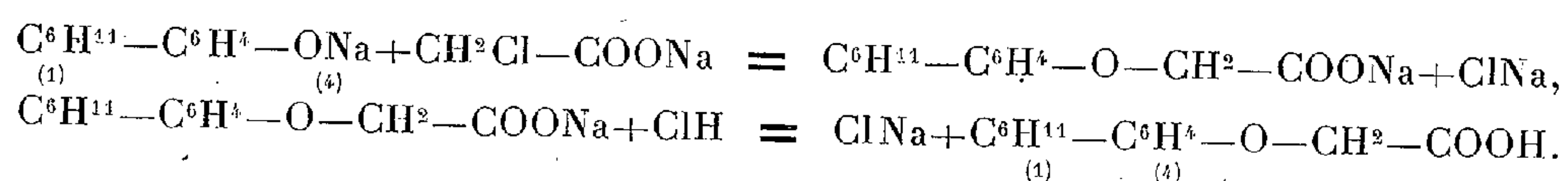
En faisant réagir au sein de l'alcool bouillant le monochloracétate de sodium sur le dérivé sodé du paracyclohexylphénol, composé pour lequel

(2) Y. Doucet, Diplôme d'Études supérieures, Paris, 1933.

(3) *Ann. de Chimie*, 8, 1937, p. 143.

(1) Séance du 1er août 1938.

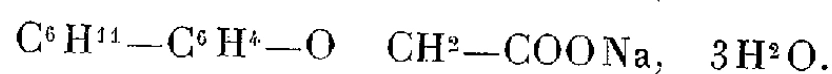
l'un d'entre nous a indiqué une méthode facile de préparation ([2]), et en traitant par ClH étendu le sel qui se forme par double décomposition, nous avons obtenu avec un rendement voisin de 75 pour 100 *l'acide paracyclohexylphénoxyacétique*



$$C^6H^{11}\underset{(1)}{—}C^6H^4\underset{(4)}{—}ONa + CH^2Cl—COONa = C^6H^{11}—C^6H^4—O—CH^2—COONa + ClNa,$$
$$C^6H^{11}—C^6H^4—O—CH^2—COONa + ClH = ClNa + C^6H^{11}\underset{(1)}{—}C^6H^4\underset{(4)}{—}O—CH^2—COOH.$$

Cet acide cristallise dans le benzène en paillettes blanches, fusibles à 151°-152°; l'eau n'en dissout à 15° que $0^g,075$ par litre.

Son sel de sodium, peu soluble dans l'eau à la température ordinaire, s'y dissout bien à chaud; par refroidissement de la solution, il cristallise en paillettes blanches ayant pour composition



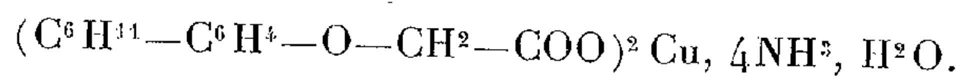
$$C^6H^{11}—C^6H^4—O\quad CH^2—COONa,\quad 3H^2O.$$

En solution aqueuse chaude, ce sel réagit :

1° sur le chlorure de baryum avec formation du *paracyclohexylphénoxyacétate de baryum* qui cristallise dans l'eau en fines aiguilles blanches ayant pour formule $(C^6H^{11}—C^6H^4—O—CH^2—COO)^2Ba, 3H^2O$;

2° sur le nitrate d'argent, avec formation du *paracyclohexylphénoxyacétate d'argent* $C^6H^{11}—C^6H^4—O—CH^2—COOAg$, poudre blanche, altérable à la lumière, insoluble dans l'eau.

Le sel d'ammonium $(C^6H^{11}—C^6H^4—O—CH^2—COONH^4)^2, H^2O$ a été préparé en neutralisant l'acide organique par l'ammoniaque; il cristallise dans l'eau en paillettes blanches. En ajoutant à sa solution aqueuse maintenue à 80° une solution ammoniacale de sulfate de cuivre, employée en excès, il se forme presque immédiatement au sein du liquide de grandes lamelles bleues, brillantes, qui, après décantation, doivent être lavées avant séchage à l'air avec de l'eau ammoniacale, car l'eau pure les décomposerait. Ces cristaux répondent à la formule



$$(C^6H^{11}—C^6H^4—O—CH^2—COO)^2Cu,\ 4NH^3,\ H^2O.$$

Maintenus pendant 15 heures à 100° ils perdent la totalité de leur ammoniac et de leur eau de cristallisation; le produit résiduel (lames vertes) est le *paracyclohexylphénoxyacétate de cuivre*



$$(C^6H^{11}—C^6H^4—O—CH^2—COO)^2Cu.$$

([2]) *Ann. Chim.*, **11**, 1929, p. 555.

L'acide paracyclohexylphénoxyacétique n'a pu être éthérifié directement par le méthanol et l'éthanol en présence d'un déshydratant; les esters de ces deux alcools ont été obtenus avec un rendement presque théorique par double décomposition entre les iodures correspondants et le paracyclohexylphénoxyacétate d'argent.

Les paracyclohexylphénoxyacétates de méthyle et d'éthyle



$C^6H^{11}—C^6H^4—O—CH^2—COO—CH^3$ et $C^6H^{11}—C^6H^4—O—CH^2—COO—C^2H^5$

cristallisent dans l'alcool étendu de son volume d'eau, le premier en longues aiguilles blanches fusibles à 39°, le second en lamelles blanches fusibles à 32°.

En saturant de gaz ammoniac une solution du paracyclohexylphénoxyacétate de méthyle dans un mélange à parties égales d'eau et d'alcool maintenu à 75°, il y a eu transformation de l'ester en *paracyclohexylphénoxyacétamide* $C^6H^{11} — C^6H^4 — O — CH^2 — CONH^2$, qui, par refroidissement de la solution hydroalcoolique, a cristallisé en fines aiguilles blanches fusibles à 169°-170°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques composés cyclohexaniques actifs.* Note (¹) de MM. **Max Mousseron** et **Robert Granger**, transmise par M. Marcel Delépine.

Nous avons envisagé dans cette Note l'étude de divers composés cyclohexaniques stéréoisomères actifs, afin d'étendre nos connaissances sur les variations des pouvoirs rotatoires avec les positions des substitutions dans l'espace.

I. 1-*Méthyl*-3-*alcoylcyclohexanols*. — L'action des organomagnésiens sur la 1-méthyl-3-cyclohexanone active conduit aux 1-méthyl-3-alcoylcyclohexanols-3 *cis* et *trans*, dont l'un des isomères, le moins volatil, a été isolé à l'état pur.

	d_{25}.	n_D^{25}.	$[\alpha]_{546}$.	$[\alpha]_{579}$.	Phényl-uréthane. F.
			°	°	°
1-Méthylcyclohexanol-3			−5,02		
1-3-Diméthylcyclohexanol-3 (éthanol).			+7,32	+6,72	84
1-Méthyl-3-éthylcyclohexanol-3	0,905	1,4582	−3,16	−2,76	94
1-Méthyl-3.*n*-propylcyclohexanol-3...	0,899	1,4587	−2,78	−2,48	111
1-Méthyl-3.*n*-butylcyclohexanol-3....	0,895	1,4596	−2,25	−2,03	

(¹) Séance du 25 juillet 1938.

Le rapport entre le pouvoir rotatoire du composé en solution dans l'alcool ou le benzène à 4^{g},166 pour 100 et celui mesuré sans solvant augmente légèrement :

	Éthanol		Benzène	
	$[\alpha]_{546}$	rapport.	$[\alpha]_{546}$	rapport.
1.Méthylcyclohexanol.3	+3°,84	0,76	−3°,96	0,79
1.3-Diméthylcyclohexanol.3	+7,32	–	+3,36	–
1.Méthyl-3.éthylcyclohexanol.3	−3,84	1,21	−5,16	1,63
1.Méthyl-3.*n*-propylcyclohexanol.3	−4,71	1,69	−5,52	1,98
1.Méthyl-3.*n*-butylcyclohexanol.3	−4,18	1,81	−5,52	2,45

II. 1-*Méthyl*-3-*alcoylcyclohexènes*. — La déshydratation des 1-méthyl-3-alcoylcyclohexanols.3 donne naissance à deux carbures cycléniques isomères, qui ont été parfaitement séparés par distillation fractionnée. Pour les 1.3-diméthylcyclohexènes, il a été prouvé que le composé le plus actif et le moins volatil correspond à l'isomère Δ_3, donnant par oxydation permanganique l'acide β-méthyl-adipique actif.

	Eb_{760}.	d_{25}.	n_D^{25}.	$[\alpha]_{546}$.	$[\alpha]_{579}$.	$\frac{\alpha_{546}}{\alpha_{579}}$.
Méthylcyclohexènes	102°,5	–	–	+121°,11	+106°,19	1,140
	104	–	–	+ 91,90	+ 80,44	1,142
1.3-Diméthylcyclohexènes	127	0,807	1,4480	+ 74,72	+ 63,30	1,144
	129	0,803	1,4467	+129,19	+112,90	1,144
1-Méthyl-3-éthylcyclohexènes	148	0,820	1,4532	+ 66,17	+ 57,87	1,143
	150	0,812	1,4527	+ 76,84	+ 67,29	1,142
1.Méthyl-3.*n*-propylcyclohexènes	170	0,813	1,4533	+ 57,85	+ 50,60	1,143
	171	0,814	1,4537	+ 77,76	+ 68,13	1,141
1-Méthyl-3.*n*-butylcyclohexènes	180	0,817	1,4554	+ 48,71	+ 42,71	1,140

III. 1-*Méthyl*-3-*alcoylcyclohexanes*. — Par hydrogénation au platine du mélange des 1-méthyl-3-alcoylcyclohexènes isomères, on obtient les cyclanes *cis* et *trans*, isolés ensuite par distillation fractionnée très soignée :

	Eb_{760}.	d_{25}.	n_D^{25}.	$[\alpha]_{546}$.	$[\alpha]_{579}$.	$\frac{\alpha_{546}}{\alpha_{579}}$.
1.3-Diméthylcyclohexanes	119°,5	0,762	1,4167	° –	° –	–
	123,5	0,777	1,4265	+ 1,33	+ 1,26	1,061
1-Méthyl-3-éthylcyclohexanes	147,5	0,783	1,4311	— 4,34	— 3,93	1,104
	148,5	0,786	1,4295	— 0,68	— 0,58	1,172
1-Méthyl-3.*n*-propylcyclohexanes	168,7	0,791	1,4360	— 4,34	— 3,84	1,130
	169,2	0,792	1,4320	— 1,46	— 1,26	1,158

Dans le cas du 1.3-diméthylcyclohexane, le composé *trans* est seul

optiquement actif; la mesure du pouvoir rotatoire permettra donc d'affirmer, sans erreur possible, la configuration spatiale de chacun de ces carbures. Les résultats de ces recherches sont opposés à ceux de Miller (²) qui pensait attribuer la structure trans à l'isomère le plus volatil. L'examen des diverses constantes, en particulier des spectres Raman et leur comparaison avec ceux de Lecomte, Piaux et Miller (³), confirme la structure de ces deux carbures.

IV. *Époxydes et amino-cyclohexanols.* — Les époxydes ont été obtenus par action de l'acide perbenzoïque sur les cyclènes, et les amino-alcools purifiés par cristallisation de leurs tartrates acides.

	Eb_{760}.	d_{25}.	n_D^{25}.	$[\alpha]_{546}$.	$[\alpha]_{579}$.
	°			°	°
1-Méthyl-3.4-époxycyclohexane (⁴)........	146,5	0,942	1,4487	+54,6	+48,1
1.3-Diméthyl-2.3-époxycyclohexane........	152,5	0,905	1,4399	+29,1	+25,6
1.3-Diméthyl-3.4-époxycyclohexane........	152	0,906	1,4390	+54,4	+48,0
1.Méthyl-3-éthyl-3.4-époxycyclohexane....	174	0,904	1,4431	+34,1	+30,1
1-Méthyl-3-propyl-*n*-3.4-époxycyclohexane..	190	0,909	1,4463	+34,2	+30,2

	Eb_{20}.	$[\alpha]_{546}$.	$[\alpha]_{579}$.
	°	°	°
1-Méthyl-3-aminocyclohexanol-4 (⁵)..........	-	+19,2	+17,1
1.3-Diméthyl-3-aminocyclohexanol-4..........	111	+21,0	+18,8
1-Méthyl-3-éthyl-aminocyclohexanol-4.........	120	+17,0	+15,1

GÉOLOGIE AFRICAINE. — *Sur la découverte de moules d'eau douce d'âge carbonifère moyen près des aiguades Nord de Chelemma, aux confins Touareg-Tebou septentrionaux du Sahara français.* Note de MM. **Conrad Kilian** et **Xavier Langlois.**

En 1931, l'un de nous a défini des ensembles dans les dépôts continentaux du Sahara, au moyen d'événements orogéniques et de stratification observés sur la base Ouargla-Ahaggar où ils étaient datés par les événements biologiques de formations marines fossilifères (¹). Ce système était apparenté à celui employé en stratigraphie du Précambrien. Il s'agit là du *Continental*

(²) *Bull. Soc. chim. Belg.*, **44**, 1935, p. 517.
(³) *Bull. Soc. chim. Belg.*, **45**, 1936, p. 123.
(⁴) R. Granger, *Thèses Sciences*, Montpellier, 1936, p. 67.
(⁵) Godchot et Mousseron, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 621.

(¹) C. Kilian, *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, 1931, p. 109.

intercalaire et du *Continental post-tassilien* et du rôle de ces deux complexes comme composants des *Grès de Nubie* ([2]).

Le Continental post-tassilien groupant les dépôts continentaux éventuels effectués entre les discordances ou lacunes dues aux mouvements orogéniques calédoniens d'une part (qui encadrent le Coblentzien sur la base envisagée), et aux mouvements hercyniens d'autre part (au Carbonifère moyen), était alors décelé par des restes de plantes dans le Messak ta Settafet (Barth), dans le Nord du Pays Ajjer (Foureau), dans l'Ennedi et l'Erdi-ma, et dans le Djebel Ouenat; il se décelait encore dans la suite à Défirou, à Aozou, dans la région de Koufra, et dans le Dor-el-Gussa ([3]).

Mais ces flores pouvaient n'être que des *bois flottés* et la preuve biologique du caractère franchement continental des dépôts considérés n'était pas acquise.

Une telle création d'un Continental post-tassilien était accompagnée, en outre (implicitement), de l'hypothèse que les mouvements hercyniens observés sur la base Ouargla-Ahaggar s'étaient aussi manifestés assez généralement, fut-ce sous un autre style, dans le domaine alors émergé depuis plus longtemps ([4]), et qu'ainsi souvent on pourrait dans les formations continentales post-siluriennes et ante-cénomaniennes distinguer ce Continental post-tassilien de l'Intercalaire même sans fossiles par cette seule méthode des événements orogéniques et de stratification; il faudrait alors étudier ces formations en tenant compte non seulement des différences de position et de comportement architectoniques probables entre les deux groupes, mais encore des changements qu'avaient dû introduire les mouvements hercyniens dans la répartition et les modalités des atterrissements, des ennoyages, des érosions, et qu'il avait dû y avoir deux systèmes et cycles principaux d'évolution morphologique fort distincts, l'un avant, l'autre après ces mouvements.

En septembre 1935, K. S. Sandford, dans l'Est saharien, commençait de pratiquer cette distinction du Continental posttassilien, mais sous le

---

([2]) J. Cuvillier, *Comptes rendus*, 204, 1936, p. 1834.

([3]) P.-H. Fritel, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 25, 1925, p. 33; N. Menchikoff, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1047; A. Chevalier et C. Kilian, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 718; M. Dalloni, *Ac. Sc., Mémoires*, 61, 1934, p. 122; A. Desio, *Missione scientifica della Reale Accademia d'Italia à Cufra* (1931-ix), Roma, 1935, I, p. 230.

([4]) Ou à plus forte dominante d'émersion entre mouvements calédoniens et hercyniens.

nom de *Upper Palaeozoïc Sandstone* (⁵). En janvier 1937, l'un de nous présentait (⁶), notamment, à la fois une vaste application de cette systématique et l'expression cartographique de premières précisions importantes atteintes par cette méthode; pour les confins Touareg-Tebou septentrionaux (qui étaient traités et avec une plus grande certitude, l'auteur les ayant parcourues, rapidement il est vrai, et par cette méthode dans sa pureté, nul n'y ayant trouvé de fossile) les Monts Doumergue et leur sorte de dépendances méridionales le plateau bordant l'Enneri Louar-Chelemma au Nord (⁷) étaient figurés en grisé du Continental posttassilien, tandis que le bas-pays de Madama et du Chelemma, en contrebas, correspondait au règne du grisé particulier au Continental intercalaire.

Nous avons établi (⁸), par la découverte d'un Oursin, la présence de lambeaux de calcaires crétacés (moyen ou supérieur) dans l'Enneri Chelemma; la présence, dans les bas-pays du Chelemma et de Madama, de Continental intercalaire, leur substratum normal, s'est trouvée en même temps confirmée.

Nous apportons aujourd'hui la preuve paléontologique que les monts Doumergue et leur dépendance méridionale sont bien constitués par du Continental et du Continental posttassilien. L'un de nous, M. X. Langlois en effet, a découvert dans la falaise qui limite le plateau bordant l'Enneri-Chelemma en son nord, à hauteur des aiguades-nord de ce nom, une plaque de grès couverte d'empreintes de Mytilidès du genre *limnique* qui nous ont paru très voisines de *Nadaïtes carinata* Sow. du Westphalien S. L. (⁹). M. Pierre Pruvost a conclu aussi à *Nadaïtes* cf. *carinata* Sow.; il a indiqué en outre que ce genre n'était connu que dans le Namurien et le bas du Westphalien des S. S. de l'Europe et dans les formations correspondantes du Carbonifère moyen de l'Amérique du Nord.

Cette sorte d'expérience, en démontrant à la fois l'existence de mouvements orogéniques continentaux importants, synchrones des mouvements

---

(⁵) *Quart. J. Geol. Soc.*, London, 91, 1935, p. 323.

(⁶) C. Kilian, *La Chron. des Min. col.*, 1937, pl. hors texte.

(⁷) C'est le Plateau du Mangueni de certaines cartes; il peut être considéré aussi comme un élément septentrional du Djado.

(⁸) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1187.

(⁹) P. Pruvost, *Mém. Carte géol. de Fr.*, 1919, p. 27, Pl. XXVI; W. Hind, *Palaeontographical Society*, London, 1894-1896, p. 138, Pl. XVIII, figures 1-16.

et plissements marins, la valeur d'une systématique et d'une méthode stratigraphique qui les utilise en l'absence de fossiles, a de la portée jusqu'en géologie du Précambrien.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension du Gothlandien en Guinée Française.* Note de M. Enzo de Chetelat.

Le Gothlandien a été reconnu en Guinée par J.-H. Sinclair (1) en 1918 à la suite de la découverte, dans des schistes argileux à Télimélé (Cercle de Kindia), de *Monograptus priodon*. Ces schistes reposent sur des grès à ciment siliceux qui sont considérés comme appartenant au *Cambro-Ordovicien*.

Dans mes tournées en Afrique Occidentale, en 1932 et 1935, j'avais attribué au Gothlandien toute une série de formations litées et schisteuses, s'étendant entre le Massif du Fouta Djallon et la Guinée Portugaise; je me basais sur des analogies de facies et sur la position stratigraphique du gisement de Télimélé.

En 1937 et 1938, j'ai entrepris de nouvelles recherches et j'ai pu découvrir de nouveaux gisements fossilifères qui confirment l'hypothèse de l'étendue considérable du Gothlandien dans l'ouest de la Guinée Française et l'est de la Guinée Portugaise.

Ces assises schisteuses et litées couvrent la presque totalité de la Région Bové : plateaux latéritiques légèrement ondulés à soubassement schisteux ou doléritique.

Les principales localités où j'ai pu reconnaître des fossiles sont les suivantes :

1° *Gisement de Tomboya* (2), (Cercle de Boké), à environ 45^{km} au nord-ouest de cette dernière localité :

Dans des schistes noirs graphiteux et pyriteux on trouve *Monograptus priodon* Bron accompagné par de nombreuses *Orthoceras*, *Cardiola interrupta* et des Brachiopodes écrasés. Dans la partie supérieure de ce niveau, *Monograptus* disparaît, mais les *Orthoceras* deviennent plus abondants et persistent.

---

(1) *Comptes rendus*, 168, 1918, p. 417-418. Voir également G. Lecointre et P. Lemoine, *Assoc. française pour l'Avancement des Sciences, Comptes rendus* de la 48e session, Liége, 1924, p. 387-388.

(2) Déterminations provisoires, les fossiles recueillis ont été remis pour étude à M. Waterlot.

2° *Gisement de Ouassoudou,* (Cercle de Boké), à 180^{km} à l'ouest de Télimélé.

Des schistes noirs graphiteux contiennent uniquement des Graptolites diprionidés et, entre autres, *Petalograptus* cf. *palmeus*.

3° *Gisement de Sogoulou,* (Cercle de Boffa) :

Dans cette localité une falaise permet d'observer une coupe allant dès *grès inférieurs* (Cambro-Ordovicien, série supérieure de Jacquet et Nicklès) aux formations gréseuses et litées, sans fossiles, post-gothlandiennes. Les schistes intercalés ont laissé des empreintes de *Monograptus priodon* accompagné d'autres Graptolites.

Les formations gréseuses et litées (quartzites, grès schisteux, grès blancs saccharoïdes, etc.), postérieures au niveau à *Monograptus,* peuvent être attribuées, par analogie de facies et de position, au Dévonien inférieur du Sahara occidental.

D'autres gisements de Graptolites ont été reconnus à Madina Bové (Cercle de Gaoual) et dans le lit de la rivière Wonkolou, près de son confluent avec le Konkouré (Cercle de Dubréka).

Il se pourrait donc que le Primaire présentât en Guinée les mêmes caractères lithologiques que la série classique que C. Kilian a décrite au Sahara, c'est-à-dire un Ordovicien avec prédominance des formations gréseuses, un Gothlandien franchement schisteux et un Dévonien inférieur à facies surtout gréseux.

ÉLECTRICITÉ TERRESTRE. — *Étude des irrégularités de la phase de la composante diurne du champ électrique terrestre*. Note [1] de M. **R. Guizonnier**, transmise par M. Charles Maurain.

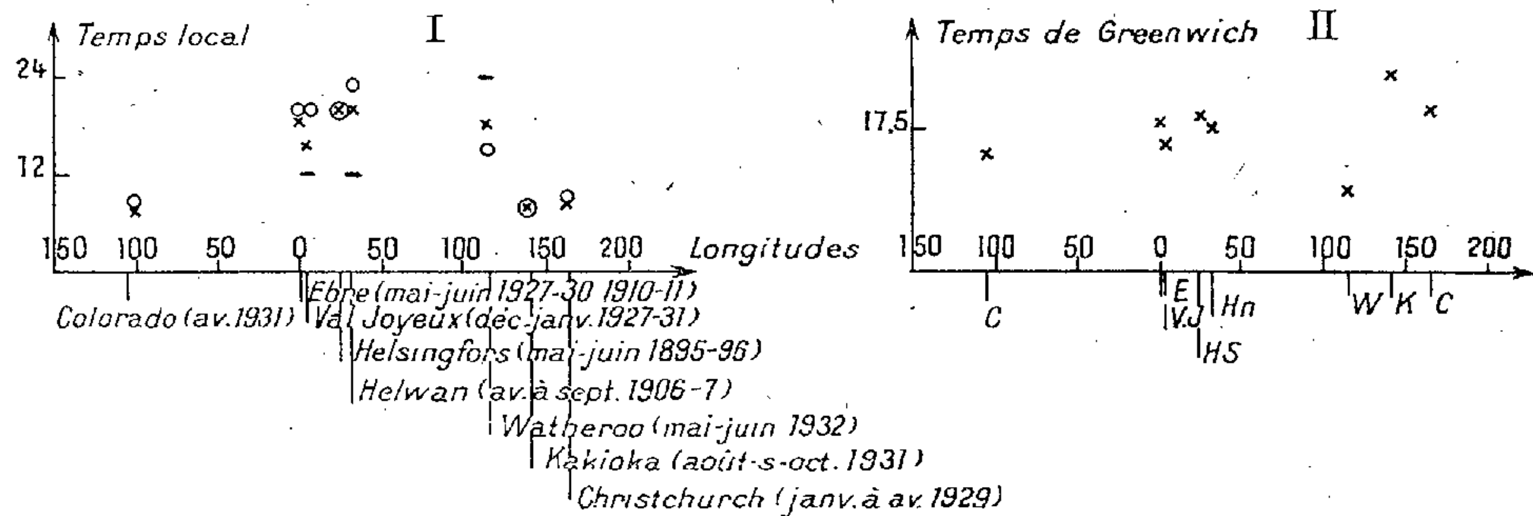
Il a été montré [2] que le maximum de la composante diurne du champ électrique terrestre a lieu, en général, vers 12^h et vers 24^h (temps local). La régularité de l'heure de ce maximum, en une même station, est parfois troublée. Il est alors logique de penser que l'heure anormale du maximum la plus éloignée de l'heure habituelle du maximum en la station considérée, correspond au cas où l'effet perturbateur est le mieux marqué.

Il a été porté sur des graphiques, en abscisses les longitudes, en

(1) Séance du 25 juillet 1938.

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 882.

ordonnées ces heures du maximum de la composante diurne correspondant à une perturbation accentuée; le graphique I concerne le temps



local, le graphique II le temps de Greenwich; les points obtenus sont indiqués par de petites croix.

Le maximum de l'onde universelle de Mauchly se produisant vers 17^h5 (temps de Greenwich), l'examen du graphique II permet de penser que les perturbations de la composante diurne sont peut-être dues à l'onde universelle. Mais il est remarquable que les heures qui correspondent à une phase troublée de la composante diurne soient voisines, en chaque cas, de l'heure d'un maximum de la composante semi-diurne à l'époque de la perturbation. Sur le graphique I, cette dernière heure est indiquée, dans le cas de chaque station, par un petit cercle.

Cela invite à penser que la composante diurne, trouvée anormale par l'analyse, est peut-être la résultante de la composante diurne normale et d'un effet perturbateur dû à la semi-diurne. En cinq observatoires, la concordance entre l'heure anormale du maximum de la composante diurne et l'heure d'un maximum de la semi-diurne est satisfaisante : l'influence perturbatrice de la semi-diurne serait accentuée. En les autres, l'heure anormale est comprise entre l'heure d'un maximum de la composante semi-diurne et l'heure normale du maximum de la diurne en la station considérée, marquée par un petit trait horizontal sur le graphique I : l'influence de la semi-diurne serait alors moins accusée.

L'influence possible de la composante semi-diurne peut s'expliquer par le fait que la valeur de l'un des maxima journaliers de cette composante est plus élevée que la valeur de l'autre maximum. Les combinaisons de la méthode de M. Labrouste, du type $s_5 s_6 s_{1,2}(24/2)$, qui nous ont permis de rechercher la composante diurne, éliminent pratiquement une composante

semi-diurne sinusoïdale. Dans le cas d'une semi-diurne à maxima journaliers inégaux, ces combinaisons doivent donc donner un reste, dû au maximum le plus important de cette composante. Ce reste constitue une variation journalière, qui s'ajoute à la composante diurne normale; si ce reste est important, l'ensemble, soumis à l'analyse, donne une composante diurne anormale.

SISMOLOGIE. — *Le nouveau sismographe Kreis-Wanner du Service suisse de sismologie*. Note de M. **P. L. Mercanton**, transmise par M. Charles Maurain.

L'observatoire sismologique fédéral au Degenried-Zurich, qui s'enorgueillit déjà, depuis 1923, d'un prototype, le sismographe, à courte période, imaginé par de Quervain et Piccard pour l'inscription simultanée des trois composantes des sismes rapprochés, au moyen d'une masse stationnaire unique (21000^{kg}), vient de s'enrichir d'une nouvelle réalisation originale : le sismographe vertical à longue période, créé par MM. A. Kreis, membre de la Commission fédérale de météorologie et E. Wanner, chef du Service sismologique rattaché à la Station centrale suisse de météorologie.

Le nouvel instrument, construit en majeure partie à l'École supérieure cantonale de Coire, par son mécanicien M. Würth, s'est substitué au vertical de Wiechert dans notre groupe enregistrant les télésismes. Avec une amplification modeste (150 fois) il a une période propre d'environ 10 secondes qui met admirablement en évidence la composante verticale des télésismes, composante trop généralement sacrifiée, au détriment de l'analyse sismogrammique.

La masse stationnaire, 1100^{kg}, faite d'ébauches d'obus serrés entre deux plateaux carrés de tôle épaisse, est suspendue à un haut bâti, à quatre montants entrecroisés pris dans un massif de béton (ce même bâti supporte l'enveloppe épaisse abritant l'instrument des variations brusques de la température). Du centre de la masse, s'élève une tige verticale qui vient attaquer un levier horizontal, le premier de la transmission amplificatrice. Afin d'augmenter la période propre de l'ensemble, ce levier est lui-même sollicité par un ressort d'astasiement. Ce premier levier en commande un deuxième, vertical, terminé par le style et dont l'axe horizontal supporte une plaque d'aluminium, dont la rotation dans le champ d'aimants au

cobalt crée l'amortissement nécessaire. Les mouvements latéraux de la masse stationnaire sont annihilés par un système de fils tendus en croix.

La difficulté principale était de compenser l'effet des variations de température sur la tenue des ressorts portant la masse. Voici la solution qui a fait sa bonne preuve : au haut de la masse stationnaire vient s'attacher un ressort vertical qui tend à la soulever plus ou moins. Ce ressort est tenu par un fil enroulé sur une poulie solidaire d'un arbre horizontal, fixé au sommet du bâti et portant à son autre extrémité une came sur laquelle un fil soutient un contrepoids. Un minuscule moteur électrique, commandé par des contacts placés de part et d'autre du style du sismographe et qui entre en jeu quand celui-ci s'écarte par trop de sa position normale, agit dans le sens voulu sur poulie et came pour modifier convenablement la tension du ressort. Cette action dure jusqu'au retour du style, donc de la masse stationnaire, à sa position normale; le circuit électrique est alors coupé jusqu'à nouvelle nécessité de compensation.

Le nouvel instrument a fourni déjà de remarquables enregistrements où le sens du premier déplacement vertical du sol se manifeste avec toute la netteté désirable. La nature des ondes superficielles (Rayleigh ou Love) est également très aisée à reconnaître.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur un important gisement d'Ammonites bathoniennes au nord du département du Var*. Note (¹) de M. **H. Parent**, transmise par M. Charles Barrois.

Un véritable gisement fossilifère, comparable par sa richesse aux gisements des couches à *Witchellia* du Bajocien provençal, existe dans le nord du département du Var, à Saint-Martin-des-Palières, à la base des marno-calcaires du terrain Bathonien.

Les nombreux fossiles rassemblés à Saint-Martin-des-Palières offrent un caractère bathyal très accusé : présence presque exclusive d'Ammonoïdés où dominent les genres *Phylloceras*, *Lytoceras*, *Sphæroceras*, *Morphoceras*, *Oppelia*, *Hecticoceras*, avec des *Parkinsonia*, des *Perisphinctes*, ainsi que de rares *Cadomites;* les autres organismes représentés sont principalement des Posidonomyes. Plusieurs centaines de spécimens de la faune ammonitique

(¹) Séance du 1er août 1938.

ont été trouvés ([2]), parmi lesquels de très nombreuses *Oppelia fusca* Quenst., d'abondants *Lytoceras tripartitum* Rasp. *et Morphoceras polymorphum* d'Orb. Les formes les plus intéressantes qui accompagnent ces trois espèces sont : *Phylloceras viator* d'Orb., *Ph. Puschi* Opp., *Ph. subobtusum* Kudern., *Ph. sp.*, *Sphæroceras cf. Ymir* Opp., *Sphæroceras sp.*, *Strigoceras cf. Truellei; Cadomites Arbenzi* Thalm., *Cadomites linguiferus* d'Orb., *Cadomites sp.*, *Parkinsonia postera* Seeb., *P. Schlippei* Roll., *P. cf. Eimensis* Behr., *Cosmoceras* (*Garantia*) *bathonica* M. Liss., *Morphoceras* (*Ebrayiceras*) *Vaschaldi* Reynès, *M. pseudo-anceps* Ebray, *Perisphinctes* (*Procerites*) *zigzag* d'Orb., *Per. Schlœnbachi* de Gross. = *Per. procerus* Sehl., *Per. pseudoprocerus* Buckm., *Per. arbustigerus* M. Liss., *Per. ind.* (nombreuses formes), *Oppelia sp.*, *Œcotraustes subfuscus* Waag., *Hecticoceras primævum* de Gross., *H. decipiens* de Gross., *Lissoceras oolithicum* d'Orb., soit au total environ 30 espèces distinctes.

Le gisement de Saint-Martin-des-Palières appartient *à la base* du Bathonien inférieur, d'après l'association de : *Procerites zigzag* d'Orb., *P. Schlœnbachi* de Gross., *Morphoceras pseudo-anceps* Ebray, *M. Vaschaldi* Reynès, *Œcotraustes subfuscus* Waag., *Parkinsonia postera* Seeb., *P. Schlippei* Roll., espèces qui caractérisent les couches de passage du Bajocien au Bathonien en Normandie (Bessin) et en Angleterre (Dorset), avec des formes peu évoluées du Bajocien, comme *Strigoceras cf. Truellei*, *Cadomites linguiferus*, *Phylloceras viator*.

De nombreuses espèces sont nouvelles pour la Provence, notamment : *Phylloceras Puschi* Opp., *Morphoceras pseudo-anceps* Ebray, *M. Vaschaldi* Reynès, *Parkinsonia postera* Seeb., *P. cf. Eimensis* Behr, *P. Schlippei* Roll., *Garantia bathonica* M. Liss., *Cadomites linguiferus* d'Orb., *Cad. Arbenzi* Thalm., *Perisphinctes arbustigerus* M. Liss. *Procerites zigzag* d'Orb. n'était connu en Provence que par un fragment.

Enfin certaines Ammonites de la série marno-schisteuse d'Aix, inconnues dans le Var, se retrouvent ici, principalement des *Phylloceras : Ph. viator* d'Orb., *Ph. subobtusum* Kudern., des *Hecticoceras : H. primævum* de Gross., *H. decipiens* de Gross.; elles établissent le passage du faciès marno-calcaire du Bathonien inférieur du Var au faciès marno-schisteux d'Aix. Les environs de Saint-Martin-des-Palières marquent bien la région de transition entre les deux aspects du Bathonien inférieur provençal.

([2]) Les fossiles ont été recueillis par M. Jacques Germain, qui a découvert ce gisement. Les déterminations sont de M. Louis Guillaume.

D'autre part, le Bathonien moyen est représenté à Saint-Martin-des-Palières par des *marno-calcaires* renfermant : *Hecticoceras retrocostatum* de Gross., *Oppelia aspidoides* Oppel, *Phylloceras biarcuatum* Munier-Chalmas; le faciès néritique (calcaires zoogènes du littoral varois) du Bathonien moyen, est remplacé de ce côté par un faciès bathyal qui s'accentue en direction d'Aix, en englobant le Bathonien supérieur.

ÉLECTROPHYSIOLOGIE. — *Caractéristiques chronologiques d'excitabilité* (1) *du système vestibulaire par excitation monoauriculaire, dans divers troubles d'origine centrale.* Note (2) de M. **Georges Bourguignon** et Mlle **Renée Dejean**, présentée par M. Louis Lapicque.

Nous avons antérieurement montré (3) que, dans l'hémiplégie, les caractéristiques chronologiques d'excitabilité augmentent également des deux côtés quand il n'y a pas d'aphasie, tandis qu'elles diminuent du côté droit et augmentent du côté gauche quand il y a aphasie. Si l'aphasie s'améliore, les caractéristiques deviennent plus petites à gauche qu'à droite.

Il n'y a, à ce point de vue, aucune différence essentielle entre les aphasies de Broca et les aphasies de Vernicke.

Nous avons ensuite comparé les caractéristiques chronologiques d'excitabilité dans divers troubles d'origine centrale, *paralysies pseudo-bulbaires*, *apraxie* et *amnésie de fixation*, avec les *aphasies*.

I. *Aphasie de Vernicke.* — Du 17 novembre 1936 au 4 juin 1938, nous avons pu suivre l'évolution d'une aphasie de Vernicke, datant du 28 septembre 1936, en cours d'amélioration. Dès le 1er examen, la malade était déjà très améliorée : les caractéristiques d'excitabilité étaient augmentées des deux côtés, mais *plus petites à gauche qu'à droite*. Au 4e examen, la malade, beaucoup plus améliorée, cherche de moins en moins ses mots et commence à lire et à écrire et les caractéristique d'excitabilité par excitation mono-auriculaire tendent à s'égaliser :

(1) En raison de l'incertitude qui règne actuellement sur le processus intime d'excitation électrique du système vestibulaire et pour ne pas enlever au mot *Chronaxie* le sens très précis que M. Lapicque lui a donné, nous remplaçons le terme *Chronaxie* appliqué au système vestibulaire par l'expression *Caractéristique chronologique d'excitabilité.*

(2) Séance du 27 juin 1938.

(3) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 500.

Oreille		1er examen 17 nov. 1936.	2e examen 6 fév. 1937.	3e examen 19 fév. 1938.	4e examen 4 juin 1938.	Caractéristiques normales.
		σ	σ	σ	σ	σ
Droite	Pôle +......	94	60	23,2	20	12 à 22
	Pôle —......	84	52	26,8	22,8	
Gauche	Pôle +......	44	25,4	15,6	14,4	
	Pôle —......	56	28,1	22,4	18,8	

Le rapport des deux caractéristiques, d'abord inverse à droite et à gauche, est ensuite de même sens des deux côtés, comme chez les sujets normaux.

Voici maintenant un exemple d'aphasie de Vernicke globale, non améliorée, datant du 21 octobre 1936 et qui, le 16 décembre 1936, a la variation inverse des caractéristiques des deux côtés :

Excitation mono-auriculaire.	Oreille droite.	Oreille gauche.	Caractéristiques normales.
	σ	σ	σ
Pôle + dans l'oreille............	9,2	204	12 à 22
Pôle — dans l'oreille............	5,8	184	

II. *Pseudo-bulbaires.* — Chez ces malades, lorsqu'ils n'ont que de la dysarthrie, les caractéristiques d'excitabilité vestibulaire augmentent également des deux côtés comme dans l'hémiplégie sans aphasie. Ainsi, chez un malade de ce genre atteint depuis le mois de novembre 1934, les caractéristiques étaient de 64^σ pour le pôle positif et 76^σ pour le pôle négatif de chaque côté.

Au contraire, lorsque la paralysie pseudo-bulbaire s'associe à une véritable aphasie, on retrouve la même différence entre les deux côtés que dans l'hémiplégie avec aphasie.

III. *Apraxie sans aphasie.* — Nous n'avons pu observer qu'un seul malade de ce type, un homme de 54 ans. Atteint d'hémiplégie gauche depuis juillet 1936, ce malade, en outre, ne savait plus accomplir les gestes de son métier et ne comprenait plus les mathématiques qu'il utilisait dans sa profession d'ingénieur.

Les caractéristiques chronologiques d'excitabilité vestibulaire, mesurées le 2 mars 1938, étaient augmentées, mais égales des deux côtés, soit 88^σ pour le pôle positif et 104^σ pour le pôle négatif dans l'oreille, de chaque côté, comme dans l'hémiplégie sans aphasie.

IV. *Amnésie de fixation.* — Nous n'avons aussi observé qu'un seul malade, mais très caractéristique.

Depuis le début de 1936, le malade, âgé alors de 71 ans, s'est aperçu

que sa mémoire des faits récents diminuait progressivement. Lorsqu'il a été soumis à notre examen en février 1937, il avait une amnésie de fixation complète, oubliant tout ce qu'il venait de faire, se perdant dans la rue, ne reconnaissant plus les personnes et n'ayant plus aucune activité mentale spontanée ni aucune initiative. Il n'y avait aucun trouble moteur ni des réflexes.

Les caractéristiques chronologiques d'excitabilité vestibulaire se comportent comme dans l'aphasie, mais avec des valeurs plus grandes à gauche que dans l'aphasie :

Pôle + dans l'oreille. Côté gauche 268^σ. Côté droit 4^σ.
Pôle — dans l'oreille. Côté gauche 304^σ. Côté droit $6^\sigma,4$.

Conclusions. — De cette étude il résulte que l'aphasie et l'amnésie de fixation complète s'accompagnent d'une augmentation des caractéristiques chronologiques d'excitabilité vestibulaire du côté gauche et d'une diminution du côté droit; mais, qu'on considère l'aphasie de Broca, l'aphasie de Vernicke ou l'amnésie de fixation, on voit que la grandeur des variations des caractéristiques est en relation avec la profondeur de l'atteinte. Lorsque l'état du malade s'améliore, les caractéristiques tendent à revenir à la normale.

Dans les troubles moteurs des pseudo-bulbaires sans aphasie et dans le cas d'apraxie sans aphasie que nous avons observé, les caractéristiques vestibulaires augmentent, mais restent égales des deux côtés, comme dans les hémiplégies motrices sans troubles du langage.

Observations de M. L. Lapicque *à propos de la Note précédente.*

Je remercie M. Bourguignon d'avoir, de bonne grâce, renoncé à qualifier *chronaxie du nerf vestibulaire* la constante de temps qu'il a dégagée dans le vertige voltaïque et dont il obtient, par une étude persévérante, de si intéressants résultats cliniques.

Dès les premières publications de M. Bourguignon, il m'avait paru invraisemblable qu'un nerf de la vie de relation chez l'Homme, notamment un nerf de l'équilibration, pour laquelle de prompts réflexes sont nécessaires, ait une chronaxie dépassant normalement le centième de seconde. Un travail tout récent de M. Bourguignon lui-même (¹), effectué

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, 128, 1938, p. 627.

sur le principe de la stimulation itérative, donne à supposer que la chronaxie réelle du nerf en cause serait au maximum d'un tiers de millième de seconde, ce qui est bien l'ordre de grandeur qu'on peut attendre.

Quant au phénomène, fonction du temps et de l'intensité du courant, caractérisé par la constante en cause, il y a de sérieuses raisons de penser, suivant une théorie déjà ancienne (et quelques vérifications expérimentales sommaires me confirment dans cette hypothèse), qu'il a pour point de départ le transport électrique des otoconies dans le liquide d'un des canaux semi-circulaires; ce mouvement constitue, à l'état normal, l'excitant adéquat de l'équilibration. Provoqué par le courant électrique, il donne lieu à la caractéristique chronologique de M. Bourguignon. Il s'agit alors, dans des conditions trop complexes pour qu'il puisse être aucunement question de chronaxie, de l'excitabilité, non du nerf périphérique, mais du centre nerveux correspondant. Cette conception, d'ailleurs, s'accorde au mieux avec les constatations cliniques.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Mesure des dimensions élémentaires des virus par la méthode d'ultramicrométrie statistique.* Note de M. **F. Holweck.**

J'ai décrit avec Lacassagne [1] une méthode permettant de calculer la dimension de l'organite responsable d'une radiolésion, à partir de la courbe représentant la loi d'apparition de celle-ci en fonction de la dose de rayons X absorbée par des cellules déterminées contenant cet organite. La forme de la courbe permet de déterminer le *seuil s* ou nombre minimum de *coups* nécessaires pour produire la lésion; l'échelle de la courbe donne le volume dans lequel ces *coups* doivent être absorbés pour être efficaces ou *cible*; la longueur d'onde du rayonnement utilisé permet de passer du volume de la cible à celui de la *zone sensible* identique à l'organite considéré.

Ce procédé a été appliqué à la détermination du diamètre encore inconnu du centrosome de la levure *Saccharomyces ellipsoïdeus* ($d = 80^{m\mu}$), mais, pour pouvoir mettre en œuvre cette méthode d'ultramicrométrie statistique, il semblait indispensable de pouvoir effectuer la numération des individus sains ou lésés, ce qui est impossible avec la plupart des objets ultramicroscopiques.

---

(1) *C. R. Soc. de Biologie,* 108, 1931, p. 814.

D'autre part j'ai indiqué ([2]) que, pour passer de la dose de stérilisation d'une culture à la radiosensibilité spécifique des éléments de celle-ci, il était indispensable de tenir compte de la concentration.

La dilution d'un liquide contenant une population microbienne, produit un effet comparable, sur la possibilité d'infection d'un animal par exemple, à celui d'une irradiation de ce même liquide.

Une expérience de Lacassagne et Nyka ([3]) sur le virus vaccinal a montré qu'il en est bien ainsi et que la dose de stérilisation par les rayons K du molybdène (0,56 Å) varie de 1 heure à 6 heures quand la concentration relative varie de 1 à 10^5.

En développant la même idée, on voit que la méthode de dilution permet de trouver la loi de mortalité d'éléments ultramicroscopiques irradiés et par conséquent, de calculer les dimensions élémentaires de ceux-ci.

Voici comment on conduira l'expérience : on commencera par diluer le virus dans un liquide stérile jusqu'au moment où, la dose-unité étant injectée à l'animal témoin, la réaction de celui-ci cesse d'être constamment positive. A cette concentration critique une petite variation de celle-ci produit de grands effets dans la réponse de l'animal. Puis on irradiera une solution dix fois moins diluée et l'on déterminera la dose de rayons X nécessaires pour ramener le liquide à la concentration critique. On fera la même expérience avec des solutions cent, mille, dix mille fois moins diluées. On pourra ainsi tracer la courbe de mortalité des éléments considérés, sans avoir à faire de numération individuelle.

Dans l'expérience de Lacassagne et Nyka ([3]), les états correspondant à la concentration critique ont été obtenus après les temps d'irradation sensiblement proportionnels aux logarithmes des concentrations :

Concentrations	1	10	10^3	10^5
Temps d'irradition observés	0	$1^h 15$	$2^h 30$	6^h
Temps d'irradiation calculés	0	1^h	3^h	5^h

Ceci signifie que la loi de mortalité est une exponentielle simple; un seul coup suffit pour stériliser l'élément ($s=1$). Connaissant, d'autre part, l'intensité du rayonnement donné par le tube, on calcule la dimension de la cible et trouve $d=170^{m\mu}$. Il reste à connaître la valeur de la correction qu'il faut faire subir à ce nombre pour avoir le diamètre de la zone

([2]) *C. R. Soc. Française de Physique*, 422, 1938, p. 1115.
([3]) *C. R. Soc. de Biol.*, **127**, 1938, p. 1038.

sensible. Cette correction c a été déterminée expérimentalement en calculant le diamètre des cibles correspondant à une même zone sensible (de la levure S. E.) avec le rayonnement en expérience (0,56 Å) et avec des longueurs d'onde plus grande 2 à 8 Å, pour cette dernière la correction est très faible. On trouve ainsi $c = 0{,}5$ environ, *soit* $d = 85^{m\mu}$ *pour la zone sensible du virus vaccinal.*

Cette dimension est inférieure au diamètre extérieur trouvé par filtration, centrifugation ou micrographie en ultraviolet ($120^{m\mu}$).

Cette méthode très générale est applicable, soit aux protéines, dosables par leur virulence, et aux grosses molécules dont la concentration peut, dans certains cas, être mesurée optiquement. Mais, pour mesurer des dimensions plus petites que la vaccine et allant jusqu'à quelques mμ, la dose de rayons X augmente considérablement et un tube à très grande puissance devient nécessaire (au moins de 20 kw).

BACTÉRIOTHÉRAPIE. — *Essai de bactériothérapie cutanée locale.* Note (1) de M. **Alexandre Besredka**, transmise par M. Antonin Gosset.

Les recherches sur le charbon, qui sont à la base de la doctrine de l'immunité locale, ont fait ressortir le rôle de la peau, tant au point de vue de l'infection que de l'immunité. La peau étant dans le charbon le tissu réceptif par excellence, l'immunisation de ce dernier devait se confondre avec celle de l'organisme tout entier. De là est né le principe de la vaccination cutanée contre les bactéridies, ainsi que contre un grand nombre d'autres germes ayant une affinité élective pour la peau.

Nous nous sommes demandé si l'on ne saurait rendre l'organisme plus résistant en renforçant son appareil cutané par des moyens autres que des vaccins spécifiques. Des résultats méritant d'être retenus ont été obtenus par nous de la *bactériothérapie cutanée locale*. Nous avons choisi comme test l'infection charbonneuse.

Voici quel fut le point de départ de ces expériences. Dans un lot de lapins ayant reçu dans la peau une dose sûrement mortelle de bactéridies (deuxième vaccin), nous eûmes un jour la surprise de constater, chez un lapin, l'absence d'œdème et une survie définitive. Examiné de près, cet

(1) Séance du 1er août 1938.

animal fut trouvé porteur, au niveau de l'inoculation, d'une gouttelette de pus renfermant des streptocoques à l'état pur.

Est-ce à ces streptocoques que le lapin en question devait son absence de réaction? Pour nous en rendre compte, nous procédâmes à des expériences variées, lesquelles seront exposées ailleurs. Ici nous décrirons une de ces expériences; elle a porté sur 12 lapins.

Tous les animaux dont l'histoire suit ont reçu 1^{cm^3} de culture en bouillon de deuxième vaccin charbonneux, seul ou associé à 1^{cm^3} d'une émulsion streptococcique; cette émulsion provenait d'une culture (souche n° 560) de 24 heures sur gélose, diluée dans l'eau physiologique (1 pour 40). Les injections ont été faites, suivant le cas, dans la peau ou sous la peau. La dose de bactéridies injectées dans la peau était sûrement mortelle; trois heures après l'injection, chez tous les animaux on constatait déjà un œdème gélatineux caractéristique :

a. Deux lapins ont reçu *dans la peau* un mélange extemporané de bactéridies et de streptocoques. Dans les deux à trois jours qui ont suivi, la peau, au niveau de l'inoculation, est devenue rouge et légèrement tuméfiée; elle s'est épaissie davantage dans la suite. Les lapins ont survécu.

b. Deux lapins ont reçu *sous la peau* le même mélange. Dans la suite, il ne fut observé chez eux aucune réaction locale. Les lapins ont survécu.

c. Deux lapins ont reçu des bactéridies dans la peau. Trois heures après, il leur a été injecté, au voisinage du tissu œdématié, des streptocoques également *dans la peau;* il s'en est suivi une tuméfaction rouge. Les lapins ont survécu.

Fait à noter : tous ces lapins, éprouvés dans la suite avec une dose mortelle de deuxième vaccin, ont résisté à l'infection.

d. Deux lapins ont reçu des bactéridies dans la peau. Trois heures après, il leur a été injecté, au voisinage de l'œdème, des streptocoques *sous la peau*. Les lapins ont présenté dans la suite, au niveau de la région inoculée, une zone tuméfiée. Ils sont morts d'une infection mixte strepto-bactéridienne, après avoir présenté une survie de deux et trois jours sur les témoins.

e. Deux lapins ont reçu des bactéridies dans la peau. Trois heures après, il leur a été injecté des streptocoques dans la peau du flanc *du côté opposé*. Ces lapins ont succombé à l'infection charbonneuse dans le même délai que les deux lapins témoins, qui ont reçu dans la peau des bactéridies seules.

En résumé, les lapins auxquels est inoculée une dose mortelle de bacilles

du charbon en même temps que des streptocoques, demeurent indemnes. Les lapins résistent à l'infection alors même qu'on leur administre des streptocoques dans la peau au moment où il existe déjà un œdème gélatineux caractéristique.

Ce phénomène est-il dû uniquement à l'action inhibitrice directe des streptocoques sur les bactéridies? On ne saurait l'affirmer. Sans nier cette action directe, que nous avons pu constater *in vitro*, il est probable qu'il s'y ajoute la réaction inflammatoire que provoquent les streptocoques. Toujours est-il que, entre ces deux microbes pathogènes, bactéridie et streptocoque, accusant tous les deux une affinité pour la peau, il s'établit une sorte d'interférence, à la faveur de laquelle les animaux échappent à l'infection et, de plus, acquièrent à l'égard du charbon une immunité active très solide.

La séance est levée à 15^h20^m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 26 octobre 1937.)

Note de M. *Jules Drach*, Sur la réduction de l'équation générale de Riccati :

Page 703, ligne 11, *lire* à la fin $1-t$ *au lieu de* $1-2t$ et *ajouter* ou simplement $\xi^3=t$; ligne 10 à partir du bas, *lire* Φ *au lieu de* φ.

(Séance du 4 juillet 1938.)

Note de MM. *Georges Déjardin* et *René Bernard*, Sur l'altitude de la couche atmosphérique où sont émises les raies D et sur l'origine des atomes de sodium présents dans cette couche :

Page 81, ligne 13, *au lieu de* J. Gauzit (²), *lire* J. Gauzit (⁴) ; ligne 18, *au lieu de* il est probable...., *lire* il est peu probable que.....

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 17 AOUT 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome 205 des *Comptes rendus* (juillet-décembre 1937) est en distribution au Secrétariat.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que la séance publique annuelle aura lieu le lundi 19 décembre 1938.

ASTRONOMIE. — *Sur le VIe Congrès de l'Union astronomique internationale réuni à Stockholm du* 3 *au* 10 *août* 1938. Note de M. **Ernest Esclangon.**

Le VIe Congrès de l'*Union astronomique internationale* s'est tenu à Stockholm du 3 au 10 août, sous la présidence du Directeur de l'Observatoire de Paris. Plus de 300 astronomes, représentant 28 nations, ont assisté et apporté leur concours aux travaux de cette importante réunion astronomique. La délégation française comprenait 32 personnes dont 21 astronomes appartenant aux divers observatoires français.

L'objet des congrès astronomiques internationaux consiste principalement dans l'organisation des travaux scientifiques qui réclament plus spécialement une collaboration concertée de divers observatoires du monde entier, soit en raison de leur outillage scientifique, soit (pour certaines observations) en raison de leur position géographique. Un grand nombre de recherches, en effet, par l'ampleur des travaux qu'elles comportent, nécessitent une collaboration d'ensemble, une entreprise en commun et une division du travail; cela d'autant plus que le nombre des objets d'études

s'est accru d'une manière considérable depuis quelques dizaines d'années. Des milliards d'étoiles, des millions de nébuleuses sont aujourd'hui accessibles à la puissance des instruments d'astronomie. L'importance des documents à accumuler et à exploiter exige, de ce fait, des plans de travaux rigoureux et méthodiques. Carte du ciel, plan des « Selected areas », positions et mouvements propres des étoiles, parallaxes, photométrie des étoiles variables, étoiles doubles, spectres stellaires, vitesses radiales, physique solaire, matière inter-stellaire et peut-être inter-nébulaire, la Lune, les planètes, les météores et étoiles filantes, etc., sans compter les observations méridiennes et le Bureau international de l'Heure; autant de sujets qui se prêtent à une activité croissante des études astronomiques.

Plus de 30 Commissions se sont partagé l'examen de ces questions en tant qu'organisation scientifique du travail; des résolutions importantes ont été prises dans ces divers domaines dont il est impossible de donner ici le détail.

Le Congrès avait, comme autre mission, celle de répartir les subventions internationales accordées à tel ou tel établissement astronomique en vue de recherches spécialisées. C'est ainsi qu'ont été continuées les subventions accordées au Bureau international de l'Heure, dont le siège est à l'Observatoire de Paris, et qui, par l'accumulation des signaux horaires qu'il reçoit quotidiennement de plus de 30 observatoires permanents, permettront de résoudre prochainement, en toute clarté, le problème de la variation des longitudes et de la dérive des continents, ainsi que d'autres questions importantes de géophysique.

Une subvention exceptionnelle lui a été en outre accordée pour terminer la publication de la grande opération des longitudes mondiales exécutée en 1933 et comprenant 71 stations réparties dans le monde entier.

La subvention accordée à l'Observatoire de Paris (Section de Meudon) pour la publication des documents relatifs aux observations solaires pour lesquelles cet établissement est tout spécialement outillé, a été également maintenue.

En résumé, le Congrès de Stockholm s'est montré particulièrement efficace et fécond dans la voie de l'organisation des études célestes. Il a décidé que sa prochaine réunion aura lieu en Suisse en 1941.

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *A propos de l'interaction entre les particules élémentaires.* Note [1] de M. **Ernest C. G. Stueckelberg.**

Soit $Q(x)$ un champ de force satisfaisant à une équation de D'Alembert généralisée

(1) $$b = -(4\pi)^{-1}(\Delta - l^2), \qquad \left[b + (4\pi c^2)^{-1}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right]Q = J.$$

Dans le cas statique on a comme solution

(2) $$Q(x) = b^{-1}J = \int dy\, J(y)\, e^{-l|x-y|}\,|x-y|^{-1}.$$

La *densité de charge* J produisant le champ Q est donnée par la présence de particules de *charge* ε^r à l'endroit q^r

(3) $$J(x) = \Sigma J^r = \Sigma \varepsilon^r \delta(x - q^r).$$

Le mouvement des particules sous l'influence du champ obéit à l'équation

(4) $$m\frac{\partial^2 q^r}{\partial t^2} = \int dx\, J^r \operatorname{grad} Q.$$

Les équations (1) et (4) découlent d'une Hamiltonienne

(5) $$2H = \Sigma m^{-1}(p^r)^2 + \int dx[Q(bQ) + 4\pi c^2 P^2 - 2QJ],$$

p^r et $P(x)$ sont les impulsions conjuguées à q^r et $Q(x)$. Le champ donne lieu à une énergie d'interaction entre les particules qu'on trouve généralement en appliquant la *méthode des perturbations*. La première approximation fournit une *interaction statique de premier ordre en* ε^2

(6) $$2V(\ldots q^r \ldots) = -\int dx\, J(b^{-1}J) = -\Sigma\Sigma \varepsilon^r \varepsilon^s e^{-l|q^r - q^s|}\,|q^r - q^s|^{-1} - \text{const.}$$

La façon suivant laquelle on a obtenu ce résultat (6) semble montrer

[1] Séance du 18 août 1938.

qu'on ne doit l'appliquer que comme une *perturbation agissant sur le mouvement des particules libres.* On ne pourrait donc jamais utiliser (6) pour calculer les *niveaux d'énergie d'une assemblée de particules* (atomes, noyaux atomiques).

Nous nous proposons de montrer dans cette Note que l'interaction statique (6) doit être prise *en toute rigueur* pour calculer les niveaux d'énergie. Soit

$$S = e^{\left(\frac{i}{h}\right)\int dx \overline{P}(b^{-1}\overline{Q})} \tag{7}$$

une transformation de contact qui transforme les variables canoniques p, q, P et Q dans de nouvelles variables $\overline{p}$, $\overline{q}$, $\overline{P}$ et $\overline{Q}$: $p = S\overline{p}S^{-1}$, etc.

L'Hamiltonienne prend alors la forme

$$2H = \Sigma m^{-1}(\overline{\pi}^r)^2 + 2V(\ldots\overline{q}^r\ldots) + \int dx[\overline{Q}(b\overline{Q}) + 4\pi c^2\overline{P}^2], \tag{8}$$

avec

$$\overline{\pi}^r = \overline{p}^r - \int dx\left(\frac{J^r}{c}\right)\overline{B}, \qquad \overline{B} = c\,\mathrm{grad}(b^{-1}\overline{P}). \tag{9}$$

Le problème transformé (8), qui contient explicitement l'interaction statique de premier ordre en ε^2, peut être résolu approximativement (en négligeant l'interaction des particules avec le potentiel vecteur $\overline{B}$). On trouve ainsi les niveaux d'énergie dans une première approximation. C'est sur ces états qu'on doit calculer l'influence de la perturbation due à $\overline{B}$. On la trouvera de l'ordre (vitesse des particules : vitesse de la lumière) [2] plus petite que l'interaction statique, c'est-à-dire comme une *interaction dynamique.*

a. Dans l'*électrodynamique* ($l = 0$) (6) est l'*énergie potentielle de Coulomb.* Q représente le potentiel scalaire [le signe de l'intégrale en (5) et (8) doit être renversé]. Le potentiel vecteur A entre dans la partie matérielle de (5) en substituant pour p^r un

$$\pi^r = p^r - \int dx\left(\frac{J^r}{c}\right)A. \tag{10}$$

La condition de Lorentz $c\,\mathrm{div}\,A = -\partial\overline{Q}/\partial t = 4\pi c^2\overline{P}$ substituée dans (9) donne $\overline{B} = -A^{\mathrm{long}}$ (= partie longitudinale de A). Pour le $\overline{\pi}^r$ on trouvera donc l'expression analogue à (10), mais ne contenant que la *partie transversale de* A.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, 166, 1938, p. 154.

b. Dans la *théorie des forces nucléaires* [$l = 1$/longueur d'onde de Compton des particules de Yukawa ([3])] il faut un champ $Q_i(x)$ à plusieurs composantes dont chacune satisfait à une équation analogue à (1). Pour les *densités de charge* J_i on a des expressions (3) et des dérivées de (3). Les ε_i^r sont des matrices non commutables entre elles (construites comme des produits directs avec des matrices du *spin* σ_i^r et du *spin isotopique* τ_i^r). Une transformation analogue à (7) aboutit à une hamiltonienne analogue à (8) contenant des interactions statiques de forme (6) et des dérivées [c'est-à-dire les mêmes termes qu'on obtiendrait par la méthode des perturbations ([3])]. Par contre, vu la non-commutabilité de $\bar{J}_i$ avec $\bar{J}_{i'}$, on trouve en plus de l'interaction dynamique une *perturbation statique de second ordre en* ε^2 [ces termes sont différents des expressions du même ordre trouvées par Froehlich, Heitler et Kemmer ([2])].

La conclusion est donc la suivante :

On doit résoudre rigoureusement le problème de l'interaction entre les particules élémentaires en tenant compte des termes d'interaction statique de premier ordre en ε^2. L'influence des termes supplémentaires (interaction dynamique, interaction statique de second ordre en ε^2, etc.) ne doit être considérée qu'en prenant *la première approximation de la méthode des perturbations de chaque terme*.

Cette règle est la généralisation de celle donnée par Bethe ([4]) pour la solution de l'équation de Breit contenant l'interaction relativiste de deux électrons de Dirac.

MÉCANIQUE. — *Sur une propriété de certains mouvements fluides.* Note ([1]) de M. **Henri Pailloux**, présentée par M. Jean Chazy.

Du fait que, si l'on change simultanément le signe de h, j, k, les équations (3) d'une Note précédente ([2]) sont encore vérifiées, on déduit que le système (1) admet deux solutions distinctes, ou, en langage géométrique,

([3]) Yukawa, Sakata et Taketani, *Proc. Phys. Math. Soc. Japan*, **20**, n° 4, 1938, Stueckelberg, *Hel. Phys. Acta*, **11**, 1938, p. 225, 299 et 312; Kemmer, *Proc. Roy. Soc.*, **166**, 1938, p. 127; Bhabha, *Proc. Roy. Soc.*, **166**, 1938, p. 501.

([4]) *Handbuch der Physik*, vol. **24**, 2e édition, Springer, Berlin, 1933, p. 374.

([1]) Séance du 8 août 1938.

([2]) *Comptes rendus*, **207**, 1937, p. 319.

que ce système représente les équations quadratiques des projections de deux droites sur les plans de coordonnées. Leur plan a pour équation

$$\frac{X}{l}+\frac{Y}{m}+\frac{Z}{n}=0.$$

C'est, si l'on veut, une équation aux dérivées partielles linéaire, à laquelle satisfait la fonction $f(x, y, z, \theta)$.

Ayant obtenu X, Y, Z, il reste à écrire que ces nombres sont proportionnels à des dérivées partielles :

$$X(Y'_z - Z'_y) + Y(Z'_x - X'_z) + Z(X'_y - Y'_x) = 0.$$

En remplaçant X, Y, Z par les éléments de l'une des lignes de (2) on a une relation qui, jointe à $\Delta = 0$, fournit les deux conditions nécessaires et suffisantes pour la vitesse. La relation que l'on obtient ainsi n'est ni entière ni symétrique, en apparence, par rapport à α, β, γ, λ, μ, ν. C'est naturel, car la seule condition $\Delta = 0$ ne permet pas de distinguer les deux solutions du système (1).

Pour obtenir sous forme entière et symétrique la condition d'intégrabilité, nous commencerons par l'écrire

$$(YZ'_x - ZY'_x) + (ZX'_y - YX'_y) + (XY'_z - YX'_z) = 0,$$

puis nous dériverons par rapport à x la première des équations (1); nous obtenons finalement la condition sous la forme

$$HX^2 + JY^2 + KZ^2 = 0,$$

avec

$$H = \frac{m}{\mu}(\mu\gamma'_y - \gamma\mu'_y) + \frac{n}{\nu}(\nu\beta'_z - \beta\nu'_z), \qquad \ldots.$$

Il ne reste plus maintenant qu'à écrire que cette dernière relation est conséquence du système (1). Après quelques calculs on obtient

$$(\alpha H + \beta J + \gamma K)^2 = 4(aJK + bKH + cHJ),$$

où il reste à remplacer H, J, K par les valeurs précédemment indiquées.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la réduction des équations différentielles dans le problème des n corps.* Note de M. **Yusuke Hagihara**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Il est bien connu que les équations différentielles pour le mouvement des n corps peuvent se réduire à un système d'équations différentielles

d'ordre $6n-12$ à l'aide des intégrales eulériennes, et par élimination de l'angle définissant la position de la ligne des nœuds et du temps. La théorie de Lie des transformations de contact et des groupes de fonctions a été appliquée à cette réduction (¹). M. É. Cartan l'a obtenue par un procédé très élégant en employant les invariants intégraux (²). Dans cette Note je modifie légèrement le procédé de réduction en évitant l'apparition explicite du temps t.

Soient x_{3j-2}, x_{3j-1}, x_{3j} les coordonnées du $j^{\text{ième}}$ corps de masse

$$m_{3j-2}=m_{3j-1}=m_{3j} \qquad (j=1, 2, \ldots, n),$$

selon Poincaré (³), et soient y_{3j-2}, y_{3j-1}, y_{3j} les composantes de la quantité de mouvement de ce corps. Les équations différentielles du mouvement sont alors les suivantes :

$$\frac{dx_i}{dt}=\frac{\partial H}{\partial y_i}, \qquad \frac{dy_i}{dt}=-\frac{\partial H}{\partial x_i} \qquad (i=1, 2, \ldots, 3n).$$

Ce système admet les transformations infinitésimales :

$$A_0f=\frac{\partial f}{\partial t}, \qquad A_1f=\sum_{j=1}^{n}\frac{\partial f}{\partial x_{3j-2}}, \qquad A_2f=\sum_{j=1}^{n}\frac{\partial f}{\partial x_{3j-1}}, \qquad A_3f=\sum_{j=1}^{n}\frac{\partial f}{\partial x_{3j}},$$

$$A_4f=\sum_{j=1}^{n}\left(-x_{3j}\frac{\partial f}{\partial x_{3j-1}}+x_{3j-1}\frac{\partial f}{\partial x_{3j}}\right), \qquad A_5f=\sum_{j=1}^{n}\left(-x_{3j-2}\frac{\partial f}{\partial x_{3j}}+x_{3j}\frac{\partial f}{\partial x_{3j-2}}\right),$$

$$A_6f=\sum_{j=1}^{n}\left(-x_{3j-1}\frac{\partial f}{\partial x_{3j-2}}+x_{3j-2}\frac{\partial f}{\partial x_{3j-1}}\right),$$

$$A_7f=\sum_{j=1}^{n}\left(m_{3j-2}\frac{\partial f}{\partial y_{3j-2}}+t\frac{\partial f}{\partial x_{3j-2}}\right), \qquad A_8f=\sum_{j=1}^{n}\left(m_{3j-1}\frac{\partial f}{\partial y_{3j-1}}+t\frac{\partial f}{\partial x_{3j-1}}\right),$$

$$A_9f=\sum_{j=1}^{n}\left(m_{3j}\frac{\partial f}{\partial y_{3j}}+t\frac{\partial f}{\partial x_{3j}}\right).$$

(¹) S. LIE, *Mathematische Annalen*, **8**, 1874, p. 215; *Gesammelte Abhandlung.*, **4**, 1929, p. 1; GOURSAT, *Leçons sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre*, 1921; ENGEL-FABER, *Die Liesche Theorie der partiellen Differentialgleichungen erster Ordnung*, 1932; ENGLUND, *Sur les méthodes d'intégration de Lie et les problèmes de la Mécanique céleste*, Thèse, Uppsala, 1916; ENGEL, *Göttinger Nachrichten, Math.-Phys. Kl.*, 1916, p. 270; 1917, p. 189.

(²) E. CARTAN, *Leçons sur les invariants intégraux*, 1922.

(³) H. POINCARÉ, *Bulletin Astronomique*, **14**, 1897, p. 53; *Acta Mathematica*, **21**, 1897, p. 83; *Leçons de Mécanique céleste*, **1**, 1905, Chap. II.

Correspondant à cette transformation on a les dix intégrales qu'on appelle souvent intégrales eulériennes

$$H_0 = H, \quad H_1 = -\sum_{j=1}^{n} y_{3j-2}, \quad H_2 = -\sum_{j=1}^{n} y_{3j-1}, \quad H_3 = -\sum_{j=1}^{n} y_{3j};$$

$$H_4 = \sum_{j=1}^{n} (x_{3j} y_{3j-1} - x_{3j-1} y_{3j}), \qquad H_5 = \sum_{j=1}^{n} (x_{3j-2} y_{3j} - x_{3j} y_{3j-2}),$$

$$H_6 = \sum_{j=1}^{n} (x_{3j-1} y_{3j-2} - x_{3j-2} y_{3j-1}),$$

$$H_7 = \sum_{j=1}^{n} (m_{3j-2} x_{3j-2} - y_{3j-2} t), \qquad H_8 = \sum_{j=1}^{n} (m_{3j-1} x_{3j-1} - y_{3j-1} t),$$

$$H_9 = \sum_{j=1}^{n} (m_{3j} x_{3j} - y_{3j} t).$$

Pour éliminer t entre ces expressions, posons

$$H'_7 = H_3 H_8 - H_2 H_9, \qquad H'_8 = H_1 H_9 - H_3 H_7, \qquad H'_9 = H_2 H_7 - H_1 H_8.$$

d'où résulte l'identité

$$H_1 H'_7 + H_2 H'_8 + H_3 H'_9 = 0.$$

Donc neuf, parmi les dix fonctions H_0, H_1, H_2, H_3, H_4, H_5, H_6, H'_7, H'_8, H'_9, forment un groupe de fonctions au sens de S. Lie. Le schéma des parenthèses de Poisson est :

	H_0	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H'_7	H'_8	H'_9
H_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H_1	0	0	0	0	0	H_3	$-H_2$	0	MH_3	$-MH_2$
H_2	0	0	0	0	$-H_3$	0	H_1	$-MH_3$	0	MH_1
H_3	0	0	0	0	H_2	$-H_1$	0	MH_2	$-MH_1$	0
H_4	0	0	H_3	$-H_2$	0	H_6	$-H_5$	0	H'_9	$-H'_8$
H_5	0	$-H_3$	0	H_1	$-H_6$	0	H_4	$-H'_9$	0	H'_7
H_6	0	H_2	$-H_1$	0	H_5	$-H_4$	0	H'_8	$-H'_7$	0
H'_7	0	0	MH_3	$-MH_2$	0	H'_9	$-H'_8$	0	MH'_9	$-MH'_8$
H'_8	0	$-MH_3$	0	MH_1	$-H'_9$	0	H'_7	$-MH'_9$	0	MH'_7
H'_9	0	MH_2	$-MH_3$	0	H'_8	$-H'_7$	0	MH'_8	$-MH_7$	0

M désignant la masse total des n corps.

Soit Δ le déterminant d'ordre 8 formé par suppression des premières et des dernières colonnes et lignes : le rang de ce déterminant est 3. Donc selon la théorie de Lie il y a deux fonctions distinguées et distinctes appartenant à ce groupe de fonctions. Ces fonctions distinguées sont

$$\Phi = H_1 H_4 + H_2 H_5 + H_3 H_6, \qquad \Pi = (MH_4 - H'_7)^2 + (MH_5 - H'_8)^2 + (MH_6 - H'_9)^2.$$

Donc il y a $1/2(8+2) = 5$ fonctions appartenant à ce groupe qui sont mutuellement en involution. Si nous considérons H_0, nous avons $1/2(9+3) = 6$ fonctions qui sont mutuellement en involution. De telles fonctions sont

$$H_0, \quad H_1, \quad H_2, \quad H_3, \quad \Phi, \quad \Pi.$$

Donc l'ordre du système d'équations différentielles se réduit de $6n$ à $6n-12$, selon la théorie invariante des transformations de contact de S. Lie.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la variation de la constante diélectrique à la solidification des liquides homopolaires.* Note de M. **Robert Guillien**, transmise par M. Aimé Cotton.

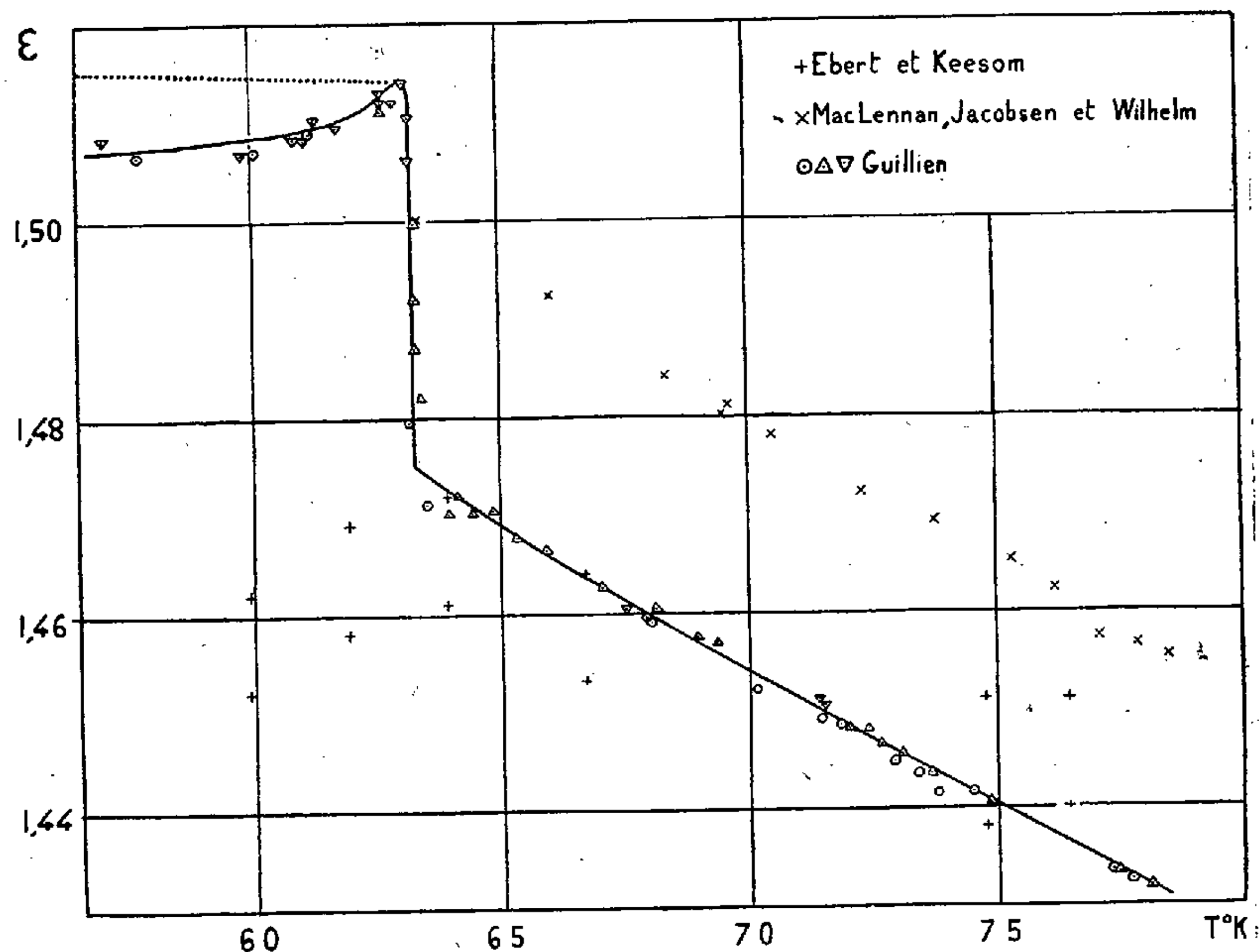
L'étude de la constante diélectrique du sulfure de carbone m'ayant montré ([1]) que, contrairement à ce qui avait été publié antérieurement ([2]) ([3]), cette constante augmente à la solidification, je me suis demandé si les corps homopolaires présentaient tous ce phénomène (au moins dans le cas où la densité est plus forte à l'état solide). Tel est bien le cas du soufre ([4]) et du benzène ([2]) ([5]). Cependant Isnardi ([2]) avait indiqué que le sulfure de carbone, le toluène, le métaxylène et le tétrachlorure de carbone ont une constante diélectrique diminuant à la solidification. Il devait en être de même pour l'azote suivant des mesures préliminaires d'Ebert et Keesom ([6]).

Ayant constaté qu'une solidification lente est nécessaire pour observer l'augmentation de la constante diélectrique du sulfure de carbone, j'ai

([1]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1001.
([2]) H. Isnardi, *Zeits. für Physik*, 9, 1922, p. 178.
([3]) J. Mazur, *Acta Physica Polonica*, 1, 1932, p. 47.
([4]) S. Rosental, *Bull. Acad. Pol.*, 46, 1928, p. 378.
([5]) Errera, *Bull. Acad. Belg.*, 12, 1926, p. 309.
([6]) *Comm. Leiden*, n° 182 *d*.

repris l'étude du toluène, du métaxylène et du tétrachlorure de carbone, et j'ai observé que ces trois corps, comme le précédent, augmentent de constante diélectrique en se solidifiant. L'augmentation est le plus facilement observée dans le cas de CCl^4.

J'ai alors mesuré la constante diélectrique de l'azote : c'est un corps



assez favorable pour une telle recherche, parce qu'il donne des cristaux peu compacts entre lesquels le liquide peut filtrer à la solidification, en outre il est aisé de faire varier lentement sa température en entourant le condensateur d'un bain d'azote commercial s'évaporant sous pression réduite. Dans le domaine liquide les valeurs observées, nettement inférieures à celles de Mc Lennan, Jacobsen et Wilhelm [7], sont en bon accord avec celles d'Ébert et Keesom [6], mais il n'en est pas de même à la solidification, où j'ai observé une augmentation rapide de la constante diélectrique (voir la figure). La diminution observée quand la température s'abaisse au-dessous du point de solidification n'est pas due à une diminution réelle de la constante diélectrique ε, mais à la contraction de l'azote solide qui ne peut plus remplir en entier l'espace compris entre les armatures du condensa-

(7) Mac Lennan, Jacobsen et Wilhelm, *Trans. of the Roy. Soc. Canada*, **24**, 1930, p. 37.

teur. En tenant compte de cette contraction pour calculer la vraie valeur de ε on obtient la courbe tracée en pointillé. Voici les valeurs observées pour la polarisation P et la constante diélectrique ε de l'azote [8] :

T°K	ε	$P = (\varepsilon - 1)/(\varepsilon + 2)\, d$	
78	1,4318	0,1561	
75	1,4400	0,1559	
72	1,4483	0,1558	
69	1,4568	0,1556	
66	1,4657	0,1557	
63,3	1,4746	0,1559	
Solidification			
63,00	1,514	0,1545 [9]	0,1564 [10]

La solidification de tous les liquides homopolaires que j'ai étudiés a donc été accompagnée d'une augmentation de la constante diélectrique. La mesure précise du changement de volume ainsi produit serait nécessaire pour affirmer que la polarisation est un peu plus faible à l'état solide.

SPECTROSCOPIE. — *Comparaison des spectres d'absorption infrarouges de composés hétérocycliques et de carbures à noyaux.* Note [1] de M. **Jean Lecomte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les spectres d'absorption de composés hétérocycliques ont été relevés entre 500 et 1350 cm^{-1} avec les appareils précédemment décrits [2]. Ces résultats, pour plusieurs de ces corps ne sont pas entièrement inédits, mais nos mesures s'étendent vers des fréquences plus basses que celles de Coblentz, ou celles de Mc Kinney, Leberknight et Warner etc. Les spectres des carbures appartiennent à nos déterminations antérieures et les spectres Raman ont été déterminés en dehors de nous.

---

(8) Densité de l'azote liquide calculée par la formule de Baly et Donan, *Journ. Chem. Soc.*, 81, 1902, p. 907.

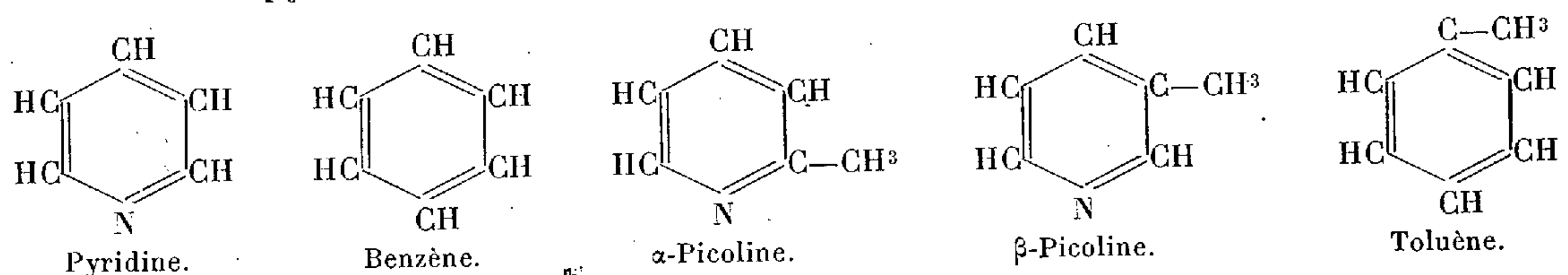
(9) Densité de l'azote solide donnée par W. H. Keesom et J. Lisman, *Comm. Leiden*, n° 232 *b*.

(10) Densité de l'azote solide calculée d'après les mesures de P. W. Bridgman, *Phys. Review*, 46, 1934, p. 930.

(1) Séance du 25 juillet 1938.

(2) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 155; 196, 1933, p. 1011.

I. La pyridine correspond au benzène et les α et β-picolines au toluène.



Pyridine I. R.......	601 F	708 F	746 F	811 f	890 f	984 F	1020 F	1052 f	1125 f	1190 f		cm⁻¹
» Raman....	604	652	880	990	1028	1060	1144	1207				
Benzène I. R.......	677 F	770 f	847 aF	963 f	1022 F	1153 F	1267 f					cm⁻¹
» Raman....	605	849	992	1178								
α-Picoline I. R......	550 m	631 m	727 m	750 F	800 f	976 F	1018 m	1103 f	1136 f	1240 f	1280 f	cm⁻¹
» Raman (3).	547	630	801	812	980	1050	1248	1292				
β-Picoline I. R......	625 m	662 m	709 aF	752 f	775 f	793 F	873 f	909 f	992 aF	1025 m		cm⁻¹
» Raman (3).	543	664	710	797	989	1030						
β-Picoline I. R......	1110 m	1222 m										cm⁻¹
» Raman (3).	1059	1087	1213									
Toluène I. R.......	531 m	637 m	695 F	731 F	782 m	843 f	895 f	953 f	1028 F			cm⁻¹
» Raman....	521	622	729	785	842	892	1002	1032				
Toluène I. R.......	1060 aF	1166 m										cm⁻¹
» Raman....	1153	1176										

Conformément à ce que l'on pouvait prévoir, en passant de la symétrie D_{6h} du benzène à la symétrie C_{2v} de la pyridine (en supposant la molécule plane), l'alternance entre les bandes infrarouges et les raies Raman se trouve remplacée par la concordance de nombreuses fréquences [4], dont les plus remarquables se placent vers 605, 992 et 1022 cm^{-1}. Les bandes infrarouges de la pyridine à 708 et 746 cm^{-1} proviennent probablement de vibrations gauches et, par suite, les raies Raman correspondantes restent trop faibles pour se laisser déterminer.

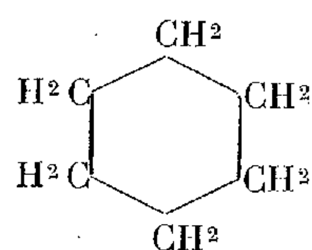
Comme pour le toluène, les principales bandes du spectre infrarouge des α et β picolines se retrouvent dans le spectre Raman. Les spectres infrarouges des α et β picolines présentent, comme on le voit, de notables différences.

---

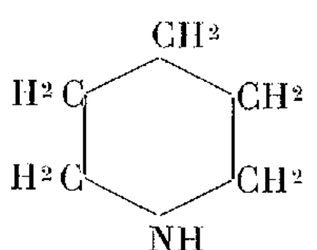
(3) G. B. BONINO et MANZONI-ANSIDEI, *Mem. Acc. Bologna, Cl. sc. fis., Sez. sc. nat.* XI, ser. 1, 1933-4, p. 1-7.

(4) K. W. KOHLRAUSCH, *Zts. phys. Chem.*, (B), 30, 1935, p. 305-315.

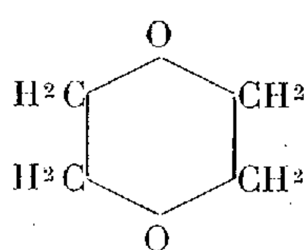
II.



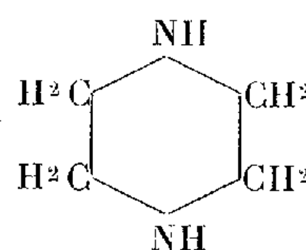
Cyclohexane.



Pipéridine.



Dioxane.

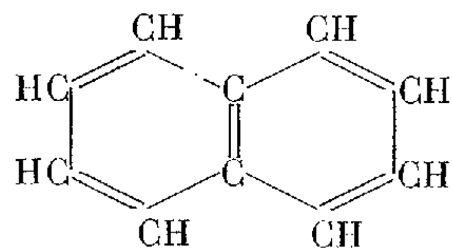


Pipérazine.

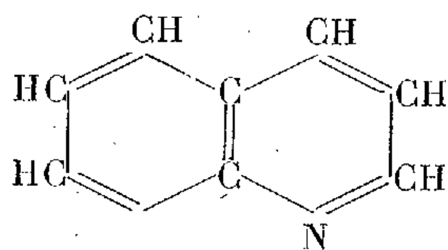
Cyclohexane I. R....	525 m 678 m 719 F 793 f 865 F 906 F 1028 F 1270 f	cm^{-1}
» Raman.	800 1026 1155 1264	
Pipéridine I. R.....	552 F 649 aF 673 f? 704 f 739 F 791 f 855 m 906 f 1000 f 1038 F	
» Raman...	751 791 814 859 898 1034 1049	
Pipéridine I. R.....	1080 F 1104 F 1142 f	cm^{-1}
» Raman...	1114 1143 1167	
Dioxane I. R.......	615 F 878 F 1059 F 1094 F 1243 f 1293 F	cm^{-1}
» Raman.....	833 1014 1107 1123 1215 1303	
Pipérazine I. R.....	645 m 908 f 1086 f 1288 F	cm^{-1}

On voit que la plupart des bandes infrarouges du cyclohexane ne se retrouvent pas dans le spectre Raman ([5]). Cette alternance indique que la molécule possède de nombreux éléments de symétrie, qui disparaissent avec la pipéridine. Par suite, pour ce dernier corps, on s'explique la concordance d'un nombre appréciable de fréquences infrarouges et Raman. En passant au dioxane et à la pipérazine, le spectre infrarouge devient très pauvre en bandes. On peut en conclure que la symétrie de ces molécules est probablement D_{2h} ou C_{2h}, suivant que l'on admet une forme plane ou gauche. Avec ces symétries, de nombreux modes de vibration ne donnent pas naissance à des bandes infrarouges et on observe l'alternance prévue entre l'infrarouge et le spectre de diffusion.

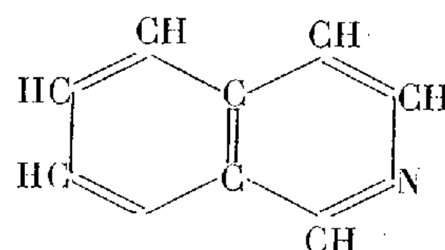
IV.



Naphtalène.



Quinoléine.



Isoquinoléine.

Naphtalène I. R........	619 F 641 f 687 f 712 f 781 F 819 f 880 f 961 m 1000 f 1127 aF	cm^{-1}
» Raman.....	512 761 1026 1153	
Quinoléine I. R........	609 f? 687 f 734 F 757 f 778 F 867 f 942 F 1020 f 1123 F 1240 f	cm^{-1}
» Raman ([3])..	518 701 729 755 777 949 975 1028 1113 1137 1248	
Isoquinoléine I. R......	647 f 744 F 780 f 805 f 832 F 947 m 1028 f 1123 f 1176	cm^{-1}
» Raman ([3]).	519 634 737 779 969 1010 1031 1135 1175	

([5]) Kohlrausch a étudié spécialement les formes moléculaires et les modes de vibration correspondants pour le cyclohexane, la pipéridine et le dioxane (*Zts. Phys. Chem.*, B, **31**, 1936, p. 382-401).

L'alternance entre les spectres infrarouge et Raman du naphtalène (symétrie D_{2h}) disparaît avec la quinoléine et l'isoquinoléine : pour ces dernières substances, en effet, on ne rencontre plus d'axe binaire, le seul élément de symétrie pouvant être le plan de la molécule. Comme pour le noyau benzénique, le remplacement de CH par N ne modifie pas beaucoup les fréquences du noyau naphtalénique, sauf entre 700 et 800 cm^{-1}, où se placent d'ailleurs les principales différences entre les spectres de la quinoléine et de l'isoquinoléine.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence du rayon de courbure sur la vitesse d'oxydation du cobalt.* Note [1] de Mme **Germaine Chauvenet**, transmise par M. Georges Urbain.

I. L'oxydation d'échantillons métalliques, dont la forme géométrique implique une variation continuelle de la surface réagissante, ne suit pas la loi parabolique que j'ai vérifiée dans un cas particulier [2]. La théorie de l'attaque profonde de fils [3] ou de sphérules [4] de métaux divalents n'ayant jusqu'ici reçu de confirmation que pour le nickel, il était intéressant de l'étendre au cobalt, qui entre 850° et 1100°C. ne fournit précisément que l'oxyde CoO. Une complication provient cependant du fait que des pièces usinées à des époques différentes n'ont pas le même *état superficiel*. Il sera tenu compte de cette évolution, étudiée par ailleurs [5].

II. La corrosion des *fils* obéit à la relation

$$\left(\frac{1}{\Delta-1}+m\right)\log[1+(\Delta-1)m]+(1-m)\log(1-m)=3,393.10^{-5}\frac{\mathfrak{M}M\alpha}{\varpi D r_0^2}t,$$

où m est la fraction oxydée, t le temps en heures, α le rapport au temps du carré de la masse fixée par centimètre carré à surface constante, r_0 le rayon initial en centimètre, Δ le rapport du volume de l'oxyde à celui du métal générateur, $\mathfrak{M}$ la masse atomique du métal, M la masse d'oxyde qui

(1) Séance du 8 août 1938.

(2) En collaboration avec G. Valensi, *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 317.

(3) G. Valensi, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 602.

(4) G. Valensi, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 309; *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **4**, 1937, p. 668.

(5) Mme G. Chauvenet, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 360.

contient un atome-gramme de métal, $\mathcal{D}$ et D les densités respectives du métal et de l'oxyde.

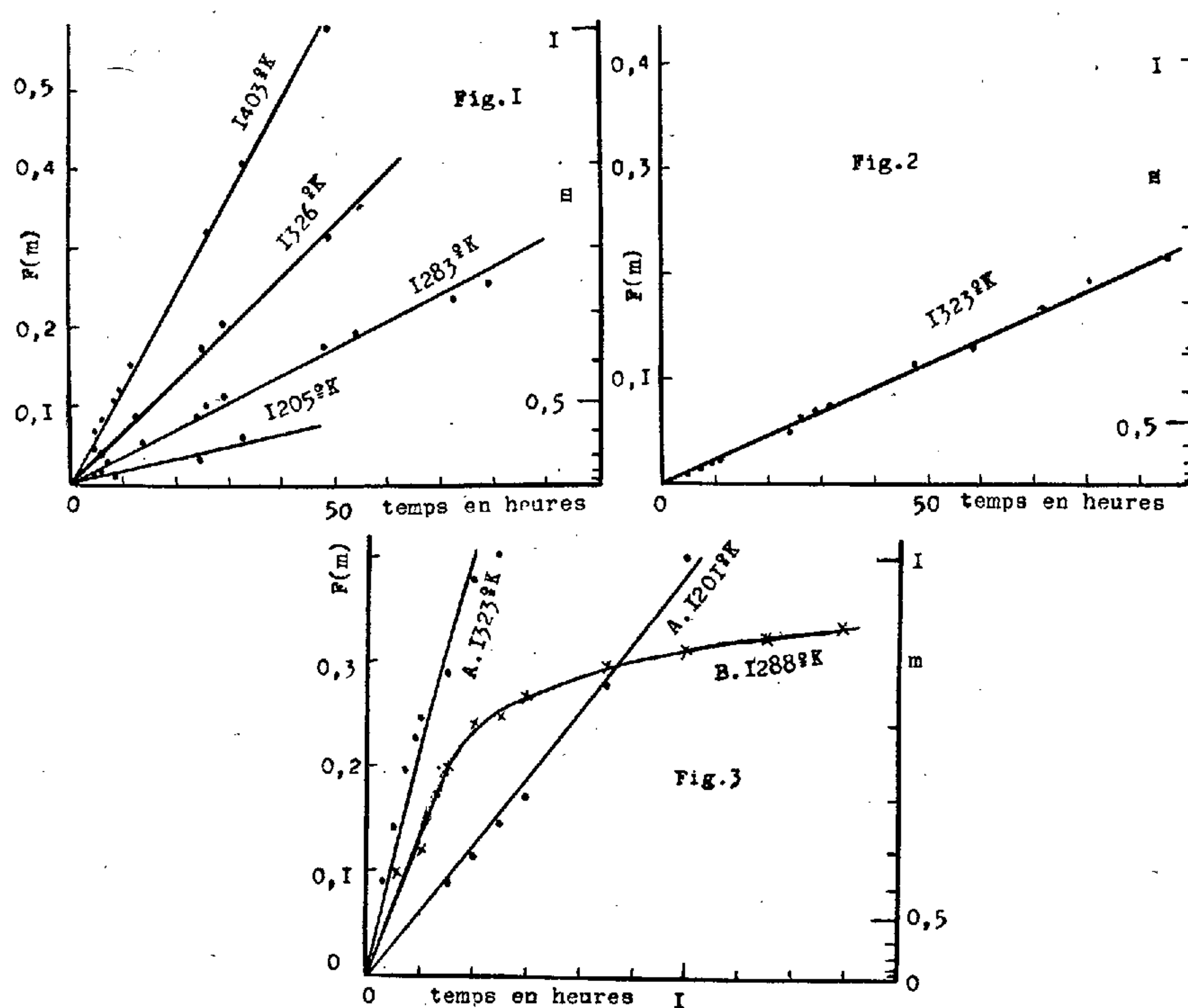
Les expériences ont utilisé un fil de cobalt à 97,76 pour 100, de 1mm,5 de diamètre et étiré *il y a un an* à partir de celui de 5mm, qui a servi aux travaux précédents. On posera donc

$$\alpha = (6,31)^2 e^{-\frac{17040}{T}}$$

(T, température absolue), et tous calculs faits,

$$(1,193 + m)\log(1 + 0,893\,m) + (1 - m)\log(1 - m) = 1974\,e^{-\frac{17040}{T}}\,t.$$

Sur la figure 1 la valeur du premier membre est représentée en fonction



du temps. Les isothermes sont bien des droites, de pentes conformes à la théorie

T.	Pente mes.	Pente calc.	T.	Pente mes.	Pente calc.
1403° K.....	0,0118	0,0110	1283° K.....	0,0037	0,0040
1326° K.....	0,0066	0,0055	1205° K.....	0,0017	0,0015

III. La corrosion de *sphérules* obéit à la relation

$$(1) \qquad \frac{\Delta}{\Delta - 1} - (1 - m)^{\frac{2}{3}} - \frac{[1 + (\Delta - 1)m]^{\frac{2}{3}}}{\Delta - 1} = \frac{\mathfrak{M} M \alpha}{256 \, \mathcal{O} \, D r_0^2} t.$$

Des billes de cobalt de 3^{mm} de diamètre ont pu être réalisées à partir du fil de 5^{mm}. La livraison en a été effectuée en juin 1938 et l'étude aussitôt commencée. Or les premiers résultats n'ont été que *qualitativement* conformes à la formule (1), en ce sens que la valeur du premier membre était bien proportionnelle au temps, mais avec un coefficient systématiquement trop élevé. Cette oxydabilité excessive d'échantillons *récemment dénudés* n'a rien de surprenant. Et en fait, des mesures de juillet sont parfaitement interprétées en utilisant la caractéristique d'un vieillissement de *deux mois*

$$\alpha = (8,51)^2 e^{-\frac{17040}{T}},$$

c'est-à-dire la formule

$$2,193 - (1 - m)^{\frac{2}{3}} - 1,193(1 + 0,838\,m)^{\frac{2}{3}} = 1034\, e^{-\frac{17040}{T}} t.$$

La figure 2 indique une variation du premier membre effectivement proportionnelle au temps, avec une pente de 0,0025 au lieu de 0,0026.

IV. Enfin la formule (1) est généralisable à des *poudres*, triées par tamisage, sous réserve de remplacer r_0 par un paramètre ρ_0 dit rayon de la sphère équivalente. Les droites A de la figure 3 se rapportent à des grains de 312^{μ} d'épaisseur approximative et étudiés *quelques jours* après préparation; le rapport de leurs pentes est correct. La courbe B traduit le comportement de particules de 45^{μ}, *vieilles de deux mois*. Le premier membre est bien proportionnel au temps jusqu'à un degré d'oxydation de 90 pour 100 environ, mais avec un coefficient anormalement faible. Ceci montre à quel point le cobalt *pulvérisé* peut être sensible à l'altération superficielle.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Étude préliminaire des parasites atmosphériques au moyen de l'oscillographe cathodique*. Note de MM. **Henry Hubert** et **J. Barberon**.

En essayant un poste récepteur construit spécialement pour l'étude des parasites atmosphériques à la Martinique et grâce à l'obligeance de la Maison Radiophon, qui a bien voulu mettre à notre disposition un oscillographe cathodique Du Mont, nous avons pu faire les observations suivantes.

I. Un orage étant au-dessus de Paris, on enregistre les parasites à la fois

sur un oscillographe d'Abraham (comme l'avait fait autrefois J. Lacoste) et sur un oscillographe cathodique. Les inscriptions étant faites en basse fréquence, on ne peut rien conclure quant à la forme absolue des courbes en haute fréquence (d'autant plus que l'antenne paraît agir comme résonateur), mais on a déjà des éléments d'information relativement à certains éléments constitutifs de ces courbes. Chaque oscillographe donne deux types de tracés différents, qui se correspondent chacun à chacun :

1° des courbes a, de très courte durée ($\leq 1/50$ de seconde), formées d'une onde unique à front très raide, très amortie, et ayant, aux échelles près, la même forme avec les deux oscillographes. Accompagnées, au haut-parleur, d'un bruit sec, elles ne sont en relation avec aucun phénomène naturel directement observable. Elles correspondent bien aux *claquements* de Ed. Rothé et J. Lacoste (¹);

2° des courbes b, relativement de longue durée, dont l'enregistrement total, rarement inférieur à 1/4 de seconde, peut atteindre 1 seconde. A l'oscillographe d'Abraham elles se traduisent d'abord par un très grand déplacement vertical de l'aiguille (exagéré d'ailleurs par l'inertie du style et la brutalité de l'impulsion primitive), suivi d'une série d'indentations hachées, qui vont en décroissant ou cessent brusquement suivant les cas. A l'oscillographe cathodique, et autant qu'on en peut juger par l'observation directe, on voit le spot tracer toute une série de courbes élémentaires analogues à celles des *claquements*, mais assez rapprochées pour former à l'oreille un bruit continu, bien qu'irrégulier, ou pour paraître, à l'œil, superposées, grâce à la persistance des impressions lumineuses. Le plus souvent elles sont séparées, mais il peut arriver que, dans certains trains de courbes, une nouvelle impulsion se produise avant que la précédente ne soit pratiquement amortie. La durée de chacune des courbes élémentaires est de l'ordre de 1/50 à 1/100 de seconde et l'on en voit, le plus souvent, entre 5 et 10 se superposer sur la rétine. Ce nombre peut être largement dépassé.

Les courbes b, que nous nous proposons d'étudier en détail par la suite, correspondent aux *décharges* de Ed. Rothé et Lacoste. Contrairement aux courbes a, elles sont liées à un phénomène naturel observable. Elles commencent en effet à s'inscrire au moment précis où l'éclair se produit. Toutefois leur inscription se prolonge pendant une longue fraction de seconde, c'est-à-dire bien après que l'éclair a disparu. Leur aspect sur

(¹) Ed. Rothé, *L'onde électrique*, 2, 1923, p. 7; J. Lacoste, *Thèse*.

l'oscillographe cathodique est voisin de celui de certains parasites industriels, dus probablement à des groupes d'étincelles électriques.

Ainsi, si la forme absolue de la *décharge* en haute fréquence nous reste inconnue, on peut cependant affirmer qu'elle consiste en une série d'impulsions successives, très brèves, mais dont l'ensemble dure un temps très long par rapport à celui de l'éclair. Le *claquement* et la *décharge* sont donc bien spécifiquement différents et les distinctions faites antérieurement à leur sujet, soit à l'oreille, soit à l'oscillographe d'Abraham (celles-ci malgré les déformations inévitables qu'elles comportent), sont justifiées.

Les images de l'oscillographe cathodique montrent que les choses paraissent se passer comme si, à la suite du, ou des traits de feu de la foudre, auxquels correspondent la première, ou les premières courbes élémentaires, se trouvait déclanchée, pendant un temps relativement long, une succession d'autres transports brusques d'ions, non accompagnés, cette fois, de manifestations lumineuses appréciables. Le tonnerre, avec ses roulements successifs, donnerait ainsi une *image* acoustique plus exacte, bien qu'exagérée, du phénomène électrique.

II. Lorsque, dans les conditions de l'expérience, aucun orage ne se trouve dans le rayon d'action du poste récepteur (ordre de 500^{km}), les seuls enregistrements obtenus sont ceux qui correspondent aux *claquements*.

Conclusions. — La *décharge* traduit, dès l'éclair (simple ou complexe) une succession de brèves impulsions électriques dont la durée totale est, par rapport au phénomène lumineux, relativement très longue.

La *décharge* est bien, physiquement, un phénomène différent du *claquement*. Elle seule est en relation avec l'éclatement de la foudre. Elle s'affaiblit très vite avec la distance, et il doit en être de même pour le *claquement*, produit par une masse d'énergie beaucoup moindre, et qui s'inscrit comme une onde élémentaire de la *décharge*. S'il en est ainsi, le *claquement* n'aurait pas une origine très éloignée de celle du poste récepteur. C'est déjà à ces dernières conclusions que l'un de nous avait été conduit par ses observations en A. O. F. en 1925 (²).

(²) HENRY HUBERT, *Bull. Comité Et. hist. et sc. de l'A. O. F.*, 1925, p. 405; *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 368.

ÉLECTRICITÉ TERRESTRE. — *Allure de la variation semi-diurne du champ électrique terrestre, en les cas où la phase de la composante diurne est perturbée*. Note (¹) de M. **R. Guizonnier**, transmise par M. Charles Maurain.

Une récente Note (²) a conduit à penser que la phase de la composante diurne du champ électrique terrestre pouvait être perturbée, par le fait que l'un des maxima journaliers de la composante semi-diurne est plus accentué que l'autre.

On ne pourra se rendre compte s'il en est bien ainsi si l'on utilise pour la recherche de la composante semi-diurne, comme il a été fait jusqu'ici, les combinaisons $s_{1.2}(\frac{12}{2})$ qui, associant à chaque ordonnée les ordonnées situées 6 et 12 heures avant ou après cette dernière, donnent une amplitude qui est une sorte de moyenne entre les maxima journaliers de la variation semi-diurne.

En ne mettant en jeu que des combinaisons du type $s_2 s_3 \Sigma_1^2$, qui favorisent la composante semi-diurne, mais ne groupent que des ordonnées voisines de chaque ordonnée considérée, il a été obtenu les courbes ci-après. L'heure du maximum accentué de la semi-diurne est bien, en chaque cas, si l'on se reporte au graphique de la précédente Note, l'heure du maximum de la semi-diurne, qui est la plus proche de l'heure irrégulière du maxima de la diurne.

On doit se demander si les courbes obtenues représentent bien la variation semi-diurne et non l'ensemble d'une onde (³) semi-diurne et d'ondes, insuffisamment éliminées par les combinaisons utilisées, renforçant un maximum de la semi-diurne et atténuant l'autre.

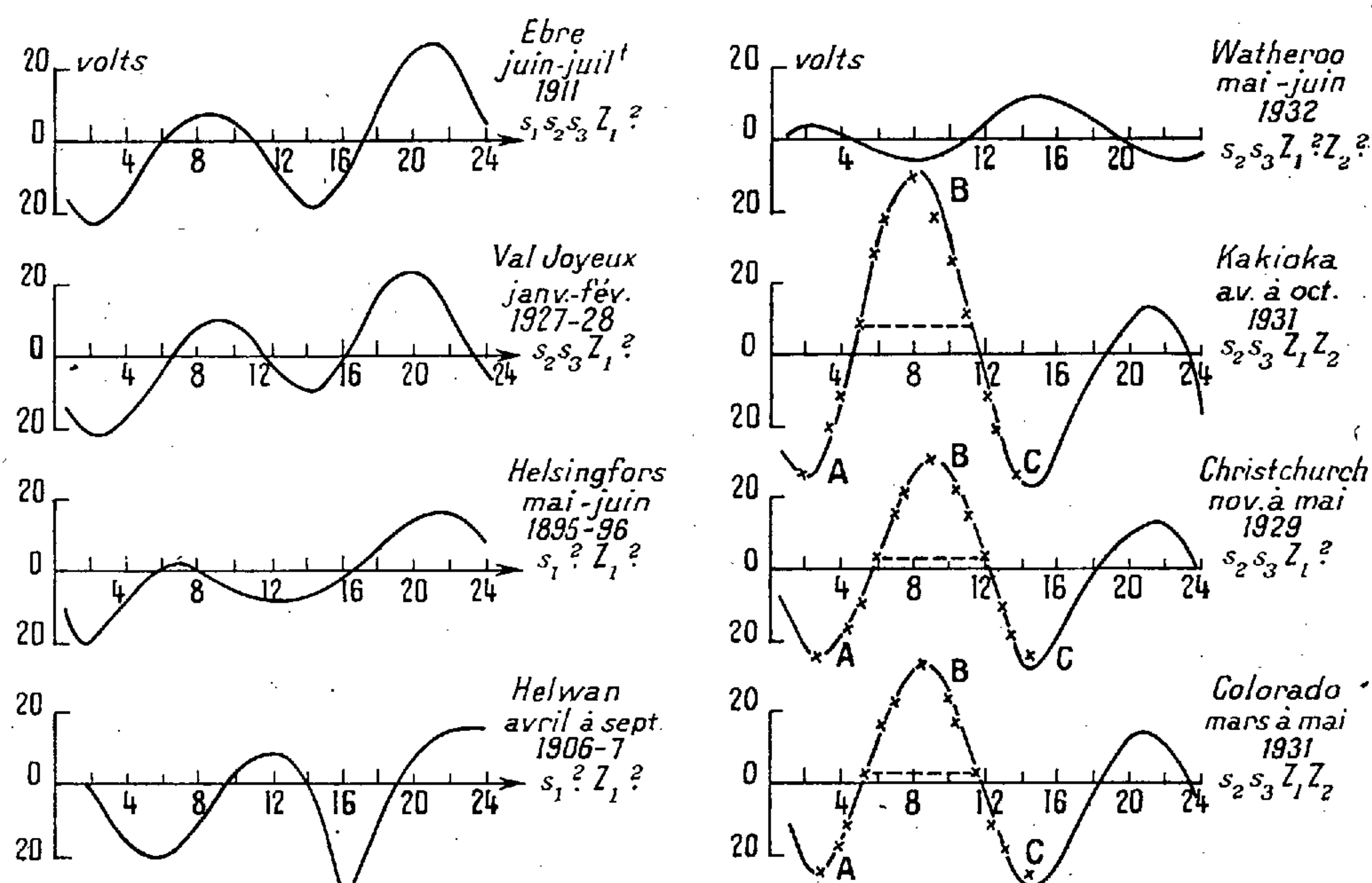
Il se trouve sur les graphiques des portions de courbes, telles que A, B, C, relatives à Kakioka, à Christchurch, au Colorado, qui sont pratiquement sinusoïdales (les points marqués conviennent à des sinusoïdes dont l'axe est tracé en pointillé). Puisque les courbes obtenues montrent ainsi, par endroits, une onde semi-diurne dégagée de toute perturbation, elles ne peuvent concerner le fait d'ondes s'ajoutant à une onde semi-diurne et la

(¹) Séance du 8 août 1938.

(²) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 372.

(³) Par *onde* nous entendons une variation sinusoïdale, ce qui impose une amplitude constante.

perturbant. On peut donc conclure que les combinaisons utilisées ont été suffisantes pour montrer l'allure de la variation semi-diurne, et en particulier, le fait que cette variation a un maximum journalier plus accentué que l'autre.



En ordonnées, valeurs données par l'analyse. En abscisses, heures du jour (temps local).

Une telle variation semi-diurne suffit, cela a été rappelé au début de cette Note, à expliquer les cas de phase anormale de la composante diurne du champ électrique terrestre, donnés par l'analyse.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches statistiques sur la survie des cellules de coiffe de* Lupinus albus. Note (¹) de MM. **Roger Gautheret** et **Pierre Delaporte**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

Les recherches statistiques sur la mortalité ont surtout porté sur des animaux. Les végétaux n'ont pas été étudiés à ce point de vue, car il est difficile de discerner le moment où une plante meurt. Pour la même raison

(¹) Séance du 18 juillet 1938.

les données relatives à la mortalité des cellules animales ou végétales sont rares; les seuls travaux que nous connaissions ont trait à des organismes unicellulaires et c'est surtout l'absence de mouvement qui a servi de critérium de mort. Cette méthode d'observation n'est pas applicable aux cellules des Métazoaires et des Métaphytes sur la mortalité desquelles on manque d'indications.

Nous avons pu étudier la mortalité des cellules de végétaux supérieurs en nous adressant aux cellules qui se détachent naturellement de la coiffe de la racine de *Lupinus albus* et survivent de 2 à 100 jours ainsi que l'un de nous l'a montré. Leur examen microscopique est très facile et l'on peut distinguer les cellules vivantes des cellules mortes. La mort peut survenir, soit par coagulation naturelle du cytoplasme, soit par rupture de la membrane cellulosique, ce qui paraît dû à une forte pression osmotique. Sur milieu glucosé, on trouve ces deux types de cellules mortes. En absence de sucre, les cellules n'éclatent pas et meurent par coagulation naturelle du cytoplasme. Pour étudier la mortalité des cellules de coiffe, nous préparions suivant la technique décrite par l'un de nous des cultures renfermant quelques centaines d'éléments détachés de la racine sensiblement au même moment. Les cellules une fois repérées étaient observées périodiquement au microscope afin de compter les éléments vivants et morts, soit par éclatement, soit sans éclatement. Les cultures étaient maintenues à l'obscurité dans une étuve à température constante. Nous avons étudié la mortalité des cellules sur milieu glucosé et sur milieu minéral et dans ces deux cas nous avons opéré, soit en maintenant la racine dans le milieu, soit en la retirant.

La représentation de la répartition des cellules conduit à une courbe en cloche dissymétrique, les cellules mourant à la fin des expériences étant plus nombreuses qu'au début. Cette répartition s'observe que la racine ait été retirée ou non du milieu; la présence de la racine dans le milieu ne modifie pas la forme de la courbe, mais elle augmente cependant la survie. Les cellules mortes par éclatement sur milieu glucosé ont donné des courbes analogues à celles relatives aux cellules cultivées sur milieu minéral et n'ayant par conséquent pas éclaté. En raison des erreurs possibles de numération, il a paru préférable de former les courbes (en traits ponctués figures 1 et 2) donnant à chaque époque d'observation le rapport du nombre des cellules mortes au nombre total des éléments. En dehors des caractères, communs à toutes les courbes, nous avons remarqué des différences parfois considérables entre les racines en ce qui concerne le

temps nécessaire pour que toutes les cellules soient mortes; nous avons recherché une loi permettant de les représenter toutes. Nous avons obtenu de bons résultats en utilisant l'équation dite *law of facility*, due à F. Galton et à D. Mac Alister ([2]). Conformément aux vues de Galton, R. Gibrat ([3]) a montré qu'elle était souvent utilisable en sociologie et

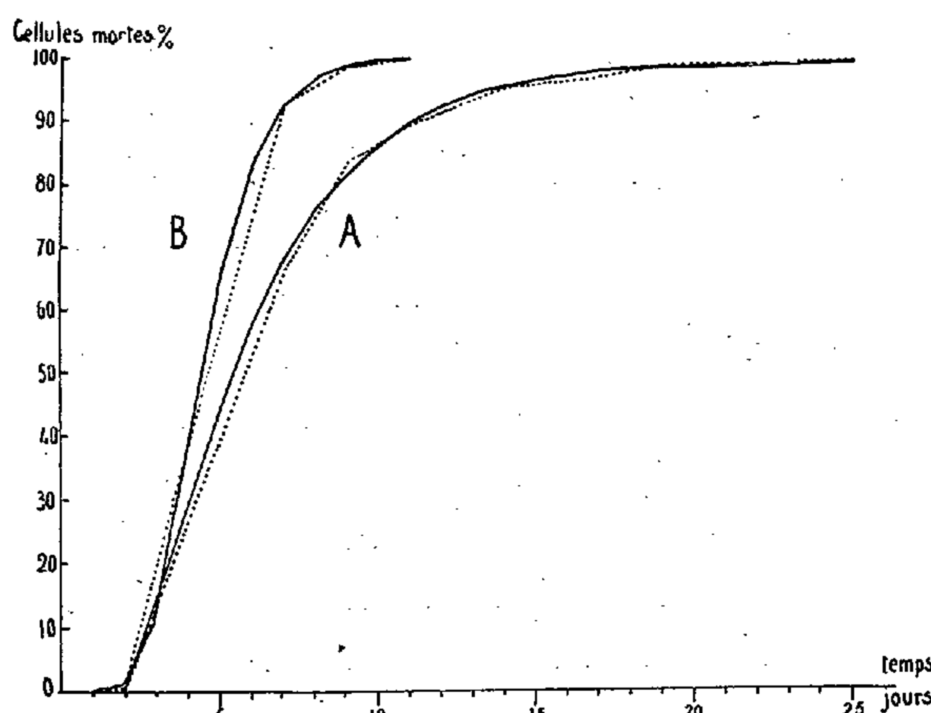


Fig. 1

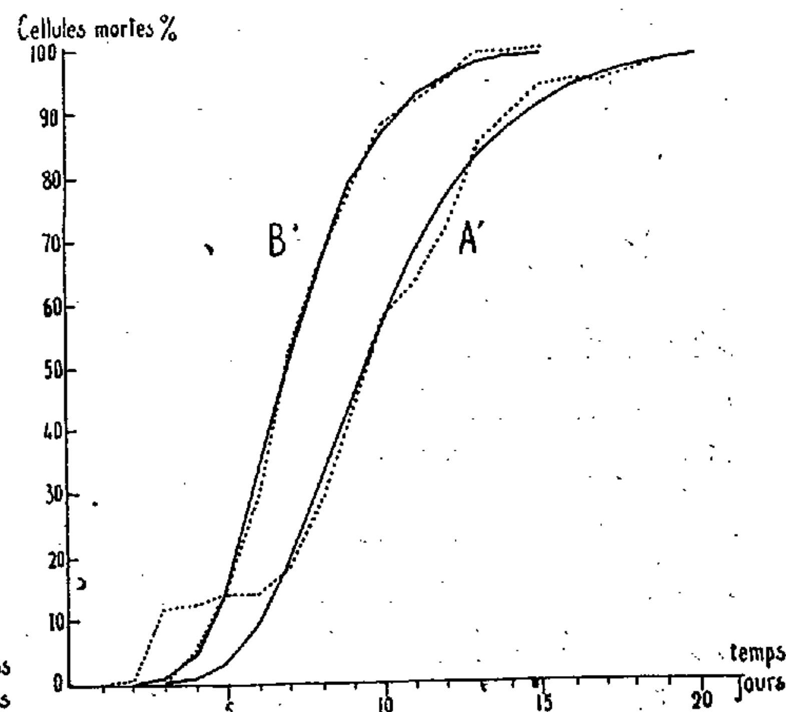


Fig. 2.

Mortalité des cellules de coiffe de *Lupinus albus*.
Fig. 1. — Culture sur millieu minéral à 20-22°. Cellules mortes par coagulution naturelle du cytoplasme. Fig. 2. — Culture sur millieu glucosé, à 15°.
A, A', racine présente dans le millieu; B, B', racine retirée du millieu.

P. Lhéritier ([4]) l'a appliquée à la mortalité des Drosophiles par intoxication.

$$\frac{D_{t_i}}{N} = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\alpha(\log t_i - \beta)} e^{-z^2}\, dz \quad \text{où} \quad z = \alpha(\log t - \beta),$$

D_{t_i} nombre des cellules déjà mortes à l'instant t_i, et N nombre total de cellules observées. β est égal au logarithme de l'époque du maximum de fréquence des morts; α indique la concentration dans le temps des morts de cellules par rapport au temps écoulé depuis qu'elles se sont détachées de la coiffe. On peut prendre pour origine des temps le moment où les cellules se sont détachées de la coiffe. Sur 32 expériences réalisées, 30 ont suivi cette loi; nous avons représenté en traits pleins quelques-uns des ajustements (*fig*. 1 et 2). Le paramètre β varie surtout avec la tempé-

([2]) *Proc. Royal Soc. London*, **29**, 1879, p. 365 et 367.
([3]) *Les inégalités économiques*, Paris, 1931.
([4]) *Thèse Doctorat ès sciences*, Paris, 1937.

rature, le milieu de culture et la présence ou l'absence de la racine, alors que α semble indépendant de ces conditions et varier avec les différences individuelles entre les racines, ces dernières n'étant pas négligeables. Cette étude nous a montré que les deux genres de mort bien que différant profondément sont cependant statistiquement comparables. Cette remarque conduit à penser que ces deux types de mort sont liés l'un à l'autre.

Nos recherches montrent donc que dans diverses conditions expérimentales la mortalité des cellules de coiffe de *Lupinus albus* peut être représentée d'une manière satisfaisante par la loi de Galton-Mac Alister, fonction telle que deux paramètres, dont l'interprétation est précise, suffisent pour décrire toutes les expériences.

PHYSIOLOGIE. — *Les termes ultimes du métabolisme purique chez les Mammifères*. Note de Mlle **Gilberte Mourot**, présentée par M. Richard Fosse.

Le travail résumé ci-dessous a eu pour objet de préciser la nature du composé azoté excrémentitiel ultime du métabolisme purique des Mammifères.

Un lapin, anesthésié au chloralose, reçoit pendant une quinzaine d'heures, une injection continue et régulière (50 ou 100$^{cm^3}$ par heure) d'un liquide salin, glucosé, maintenu à 38-40°. Dans les cinquième ou sixième heures, durant une ou deux heures, ce liquide contient, en outre, soit de l'acide urique, soit de l'allantoïne, soit de l'acide allantoïque.

Sitôt que sécrétée, l'urine est recueillie par fistule de chacun des uretères et tombe dans des éprouvettes graduées, placées dans de la glace. Heure par heure, on dose dans l'urine : N total, N urée, N urique, N allantoïne, N acide allantoïque, et y recherche la présence d'acide glyoxylique.

Les résultats trouvés sont résumés dans les deux tableaux ci-joints. Ils montrent que :

1° L'urine du Lapin, recueillie à la sortie du rein, renferme toujours des traces d'acide allantoïque (ordre de grandeur, 0,5 pour 100 de l'azote de l'allantoïne).

2° La quantité d'acide allantoïque augmente nettement quand on injecte de l'acide urique ou de l'allantoïne; l'augmentation se fait sentir le plus rapidement dans le cas de l'allantoïne.

3° L'acide allantoïque, l'allantoïne, l'acide urique, se retrouvent partiellement en urée.

4° L'injection massive d'acide allantoïque permet de déceler la présence d'acide glyoxylique dans l'urine.

On peut donc dire que, chez le Lapin, l'allantoïne n'est pas le terme ultime du métabolisme purique; l'organisme du lapin est capable de transformer l'allantoïne en acide allantoïque, puis, l'acide allantoïque en urée et vraisemblablement, acide glyoxylique dont la destinée ultérieure serait à préciser.

Ces observations complètent les travaux de Fosse et ses collaborateurs; ainsi se trouve montré que le métabolisme purique ne diffère, chez les êtres vivants, depuis les végétaux jusqu'aux Mammifères, que par l'importance relative des produits excrémentitiels et non par leur nature.

	mg N.									
Corps injecté	Acide urique.			Allantoïne.				Acide allantoïque.		
N injecté	38	55,2	58,5	93	64	104	106	26,2	32,8	28,5
N total retrouvé en excès	46,2	55,9	69,4	95	67	104	113	49,4	46,9	–
N retrouvé en :										
acide urique	13,8	22,9	17,6	–	–	–	–	–	–	–
allantoïne	21,5	19,9	31,2	–	50,7	91	87	–	–	–
acide allantoïque	–	–	–	–	–	–	–	21,1	25,7	22,7
urée	12,1	11,9	23,2	30,2	15,3	13,1	23	30,9	22,2	–
N transformé en urée en pour 100 de N injecté	7	21	23	32	21	12,5	18	19,5	21	21

Trouvé dans l'urine.

	Acide allantoïque (γN).						Acide glyoxylique correspondant à γN acide allantoïque.	
Injection de	Acide urique.			Allantoïne.			Acide allantoïque.	
1 heure	7	5	12	9	8	12	–	–
2 heures	7	5	9	6	9	6	–	–
3 »	10	5	7	6	7	10	–	–
4 »	8	7	5	10	8,5	8	–	14
5 »	7	20	9	3	18	19	–	27
6 »	10	18	28	4	46	22	15	44
7 »	12	18	27	13	31	20	–	27
8 »	10	13	25	15	17	10	–	–
9 »	10	10	20	11	10	11	–	–
10 »	10	6	19	9,5	7,5	14	–	–
11 »	5	5	18	5	6,5	7,5	–	–
12 »	–	5	13	5	9	8,5	–	–
13 »	–	–	6	4	7,5	7,5	–	–

(Les nombres soulignés correspondent à la première heure d'injection du corps étudié).

PHARMACOLOGIE. — *Modifications apportées à l'action hypoglycémiante de l'insuline et hyperglycémiante de l'adrénaline, par l'addition de sels de nickel, de fer ou de cuivre.* Note ([1]) de M. **Henry Schwab**, présentée par M. Auguste Béhal.

L'addition de chlorure de zinc soit à l'insuline seule, soit aux complexes résultant de l'association de celle-ci avec la protamine ou avec la gélatine, permet de prolonger d'une manière notable la durée des effets hypoglycémiants de l'hormone pancréatique, à condition toutefois de recourir à des doses convenablement choisies. Cette curieuse propriété, dont nous avons montré qu'elle s'applique également aux effets hyperglycémiants de l'adrénaline, n'est pas limitée exclusivement aux sels de zinc. Nous avons signalé que les sels d'aluminium peuvent exercer sur les effets de l'insuline et sur ceux de l'adrénaline, la même influence que les sels de zinc, à savoir : inhibition par les fortes doses de métal, retardement et renforcement par les doses faibles.

Il était intéressant de voir si d'autres métaux tels que le nickel, le fer et le cuivre, plus ou moins éloignés dans la classification périodique, possèdent des propriétés analogues.

I. Sels de nickel. — 1° *Effets hypoglycémiants de l'insuline.* — Bertrand et Machebœuf ont déjà montré que les sels de nickel (sulfates et chlorures) retardent l'hypoglycémie insulinique. Nos essais, effectués avec le sulfate de nickel, nous ont permis de constater que les fortes doses diminuent et retardent les effets hypoglycémiants de l'insuline. Quant aux petites doses, elles n'ont donné aucun résultat.

Nos expériences ont été effectuées sur des lapins de 2 à 3^{kg}, maintenus préalablement à jeun pendant au moins douze heures. L'insuline-gélatine (1 unité d'insuline et 2^{cm^3} de gélatine à 1 pour 100) a été additionnée de $6^{mg},3$ de nickel, et l'injection effectuée par la voie sous-cutanée. Il y a retardement des effets hypoglycémiants de l'insuline-gélatine après administration de doses fortes de nickel.

2° *Effets hyperglycémiants de l'adrénaline.* — Nos expériences ont été effectuées sur des lapins de 2 à 3^{kg}, maintenus à jeun depuis au moins douze heures. L'adrénaline, à la dose de $0^{mg},25$ par kilogramme et le nickel à la dose de $6^{mg},2$ et $0^{mg},12$ par kilogramme (sous forme de sulfate),

([1]) Séance du 8 août 1938.

furent simultanément injectées par la voie sous-cutanée. Il y a, avec les doses fortes de sulfate de nickel, inhibition de l'action hyperglycémiante de l'adrénaline, tandis qu'avec les doses faibles, il y a nettement renforcement et retardement de l'action de l'adrénaline sur la glycémie. Ceci est analogue à ce que nous avons obtenu avec l'aluminium et avec le zinc. Ainsi l'action qu'exerce le nickel sur la durée des effets hypoglycémiants de l'insuline s'observe également en ce qui concerne les effets hyperglycémiants de l'adrénaline.

II. Sels de fer. — 1° *Effets hypoglycémiants de l'insuline.* — Maxwell et Bischoff avaient déjà démontré que l'addition de chlorure de fer basique à l'insuline, retardait son action sur la glycémie des rats et des lapins. Nous avons procédé de la même façon que nous l'avions fait avec le zinc, l'aluminium et le nickel. L'insuline-gélatine (1 unité d'insuline et 2^{cm^3} de gélatine à 1 pour 100) a été additionnée de 10^{mg} d'alun de fer ammoniacal, et l'injection effectuée par la voie sous-cutanée. Les résultats, retardement des effets hypoglycémiants de l'insuline-gélatine par les doses fortes de ce métal, confirment les constatations que nous avons faites avec le complexe insuline-gélatine-nickel.

2° *Effets hyperglycémiants de l'adrénaline.* — L'adrénaline à la dose de $0^{mg},25$ par kilogramme et le fer à la dose de 10^{mg} par kilogramme, et de $0^{mg},10$ par kilogramme (sous forme d'alun de fer ammoniacal) furent simultanément injectés par la voie sous-cutanée. Il y a avec les doses fortes de sel de fer inhibition de l'action hyperglycémiante de l'adrénaline, tandis qu'avec les doses faibles, il y a nettement renforcement et retardement de l'action de l'adrénaline sur la glycémie. Ainsi l'action qu'exerce le fer sur la durée des effets hypoglycémiants de l'insuline s'observe également en ce qui concerne les effets hypoglycémiants de l'adrénaline.

III. Sels de cuivre. — Nos expériences, effectuées dans les mêmes conditions que les précédentes, ont conduit à des résultats analogues à ceux obtenus dans nos recherches antérieures avec les autres sels métalliques. Des doses de 10^{mg} et de 15^{mg} de sulfate de cuivre retardent les effets provoqués soit par l'insuline, soit par l'adrénaline. Les doses très fortes de 30^{mg} inhibent complètement les effets hypoglycémiants de l'insuline et les effets hyperglycémiants de l'adrénaline.

Conclusion. — Les résultats que nous avons obtenus avec les sels des quelques métaux étudiés par nous et appartenant à des échelons assez divers de la classification périodique, sont sensiblement identiques aussi bien pour les effets hypoglycémiants de l'insuline que pour les effets

hyperglycémiants de l'adrénaline, à savoir, retardement et parfois renforcement avec les doses moyennes, inhibition complète avec les doses fortes. Il semble donc bien que l'influence ainsi exercée par les sels métalliques sur les effets des hormones pancréatique et surrénalienne n'est nullement spécifique. L'hypothèse émise par les auteurs américains d'un retard dans la résorption des hormones nous paraît devoir être prise en considération pour expliquer l'influence retardatrice des sels métalliques sur les effets de ces hormones. Quant à l'influence inhibitrice des fortes doses, elle peut être considérée comme résultant d'une action toxique exercée par ces dernières sur les éléments cellulaires qui interviennent dans la régulation de la glycémie.

La séance est levée à 15h15m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 18 juillet 1938.)

Note de MM. *Louis Martineau* et *Joseph Wiemann*, Isolement d'un produit intermédiaire dans l'isomérisation catalytique du dipropénylglycol :

Page 244, ligne 7 en remontant, au lieu de *cité* lire *cit.*;
ligne 8, » *lire* $CH^3 - CH = CH - CHOH - CO - C^3H^7$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juillet 1938.

Les cellules embryonnaires, par Raoul Michel May, in *L'Avenir de la Science.* Paris, Gallimard, 1938; 1 vol. 20cm.

Oreille interne, par Ch. Claoué. 2e édition. Paris, Éditions N. Maloine, 1938; 1 vol. 25cm.

Tendances actuelles des techniques de la chaleur, par Marcel Véron, d'après la 46e conférence de la « Technique moderne ». Paris, Dunod, 1938; 1 vol. 21cm (présenté par M. L. Guillet).

Analyse de diverses microphotographies se rapportant au nucléome des schizaphytes bactériacées et cyanophycées, par A.-Ch. Hollande. Montpellier, Imprimerie de la Manufacture de la Charité, 1938; 1 vol. 25cm.

Institut international de chimie Solvay. Sixième conseil de chimie tenu à l'Université de Bruxelles du 4 au 9 octobre 1937. Rapports et discussions sur les vitamines et les hormones. Publiés par MM. les Secrétaires du Conseil sous les auspices de la commission scientifique de l'Institut. Paris, Gauthier-Villars, 1938; 1 vol. 25cm.

Gouvernement de la Martinique. Le Service météorologique et de physique du globe de la Martinique (Antilles françaises). Paris, Larose, 1938; 1 vol. 25cm.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, *prince souverain de Monaco, publiés sous sa direction avec le concours de M.* Jules Richard. Fasc. XCVI. *Éléments de faunes terrestres et d'eau douce recueillis pendant les croisières du Prince Albert de Monaco et étudiés par divers auteurs.* Fasc. XCVII. *Mémoires sur les Crustacés et Pycnogonides des croisières du Prince Albert* Ier *de Monaco par divers auteurs.* Fasc. XCVIII. *Recherches de Physiologie comparée faites à bord de la princesse Alice,* par Paul Portier. Monaco, Imprimerie de Monaco, 1938; 3 vol. 36cm.

Travaux du Laboratoire central d'électricité. Détermination de l'unité de résistance du système électromagnétisme C. G. S., par R. Jouaust, M. Picard et R. Hérou. Préface de M. A. Cotton, in *Bulletin de la Société française des Électriciens* (juillet 1938); 1 fasc. 27cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 AOUT 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DES VIBRATIONS. — *Remarques sur la formule de Dunkerley.* Note [1] de M. **Émile Jouguet.**

I. *Sur le théorème de Lord Rayleigh.* — Considérons les petits mouvements d'un système matériel soumis à des forces admettant un potentiel. On sait que lord Rayleigh a démontré le théorème suivant [2] :

Imaginons un petit mouvement M dans lequel tous les points x, y, z soient animés autour de leurs positions d'équilibre x_0, y_0, z_0, de vibrations pendulaires simples, de même fréquence f et de même phase. On peut concevoir plusieurs mouvements M, chacun étant caractérisé par les rapports mutuels des amplitudes vibratoires des divers points, ou, comme nous le dirons, par la *déformée* du mouvement. Soient V la valeur du potentiel quand tous les points sont à leur élongation maxima, $2T = 4\pi^2 f^2 \times 2\Delta$ la force vive quand tous les points sont au milieu de leur course (2Δ est d'ailleurs la valeur de l'*écart* $\Sigma m[(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2]$ au moment de l'élongation maxima). Si l'on envisage la déformée rendant le rapport V/Δ minimum et égal à V_m/Δ_m, le mouvement M correspondant est celui que prend réellement le système vibrant à sa fréquence minima, et la valeur de cette fréquence est $(1/2\pi)\sqrt{V_m/\Delta_m}$.

Soit maintenant un système soumis à certaines liaisons et à certaines forces de potentiel V. Conservant liaisons et forces, nous pouvons changer

---

(1) Séance du 8 août 1938.

(2) *Theory of Sound,* I, § 88-89.

les masses des divers points [3]. Elles seront m' dans un premier état, m'' dans un second, $m'+m''$ dans un troisième. Les écarts et les fréquences minima sont respectivement, pour ces trois états, Δ', f'; Δ'', f''; $\Delta'+\Delta''$, F. D'après le théorème de Rayleigh, $1/4\pi^2 f'^2$ est égal au maximum de Δ'/V; $1/4\pi^2 f''^2$ au maximum de Δ''/V; $1/4\pi^2 F^2$ au maximum de $(\Delta'+\Delta'')/V$. Le maximum de $(\Delta'+\Delta'')/V$ est obtenu pour une certaine déformée qui donne nécessairement à Δ'/V et à Δ''/V des valeurs inférieures ou égales à leurs maxima. Donc

$$\frac{1}{F^2} \leq \frac{1}{f'^2} + \frac{1}{f''^2}. \tag{1}$$

En prenant le signe = dans (1), on a la formule de Dunkerley. On voit que l'expression de Dunkerley donne une *limite inférieure* de la plus basse fréquence. Pour qu'elle donnât une valeur exacte, il faudrait que la déformée fût la même dans les trois mouvements Δ', Δ'' et $\Delta'+\Delta''$ [4].

Le théorème de lord Rayleigh s'étend d'ailleurs à la fréquence la plus élevée d'un système quand elle existe (cas des systèmes dépendant d'un nombre fini de paramètres). Pour avoir la plus haute fréquence, il faut chercher le maximum V_M/Δ_M de V/Δ et la valeur de cette haute fréquence est $(1/2\pi)\sqrt{V_M/\Delta_M}$. De là on tire que, pour les fréquences maxima, l'inégalité (1) est renversée. (Il en est de même pour l'inégalité de Southwell quand on change les forces et non les masses.)

Nous nous proposons de donner ici quelques vérifications de l'inégalité (1). Nous allons pour cela examiner quelques systèmes où l'on change les masses et non les forces.

II. *Vibrations de torsion.* — Soit une tige cylindrique, de longueur l, dont la section est un cercle de surface Ω et de moment d'inertie polaire I, dont la matière a une densité ρ et un coefficient de Lamé transversal μ. Une extrémité est fixe, l'autre est libre et porte un disque de moment d'inertie polaire J.

Soient f' la fréquence des oscillations du disque quand on néglige la

(3) La remarque qui suit est corrélative de celle qu'a donnée Southwell pour le cas où on change les forces sans changer les masses (*Proc. of. the Royal Society*, Series A, 99, 1921, p. 272). Je ne sache pas qu'elle ait été déjà faite, bien qu'il me paraisse très improbable qu'elle ait échappé jusqu'ici.

(4) C'est une remarque qui a été déjà faite par M. Thuloup et par M. Got en la justifiant d'ailleurs par des considérations différentes (*Journal de l'École Polytechnique*, 2e série, 29e Cahier, 1931, p. 15).

masse de la tige, f'' la plus basse fréquence des oscillations de la tige, le disque enlevé,

(2) $$f' = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{I\mu}{Jl}}, \qquad f'' = \frac{1}{4}\sqrt{\frac{\mu}{\rho}}\,\frac{1}{l}.$$

On sait que la plus basse fréquence du système complet, tige et disque, est

(3) $F = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\mu}{\rho}}\,\frac{x}{l}$ (x plus petite racine positive de $\cot x = \alpha x$) $\left(\alpha = \frac{J}{\rho I l}\right)$.

Pour vérifier (1), il faut vérifier que

$$x > \frac{\pi}{2\sqrt{1+\frac{\pi^2}{4}\alpha}} = \xi \qquad \left(0 < \xi < \frac{\pi}{2}\right).$$

On s'en assurera en vérifiant que

(4) $$\cot\xi > \alpha\xi \qquad \text{ou} \qquad \operatorname{tang}\xi < \frac{\xi}{1-\frac{4}{\pi^2}\xi}.$$

Or cette propriété résulte, comme me l'a fait observer M. Villat, des développements classiques de $\sin\xi$ et $\cos\xi$ en produits infinis. Les résultats numériques suivants montrent d'ailleurs avec quelle approximation (4) est vérifiée :

Pour $\xi = 2^\circ$: $\operatorname{tang}\xi = 0{,}034\,921$, $\qquad \frac{\xi}{1-\frac{4}{\pi^2}\xi^2} = 0{,}034\,922$;

Pour $\xi = 88^\circ$: $\operatorname{tang}\xi = 28{,}636\,2$, $\qquad \frac{\xi}{1-\frac{4}{\pi^2}\xi^2} = 34{,}946\,5$.

III. *Vibrations de cordes chargées de curseurs.* — Corde de longueur l, de section Ω, de densité ρ, chargée par un poids P, portant en son milieu un curseur de masse m. Fréquence des vibrations du curseur quand on néglige la masse de la corde f', plus basse fréquence de la corde sans curseur f'', plus basse fréquence du système corde + curseur F. On a

(5) $$f' = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{P}{ml}} \ (^5), \qquad f'' = \sqrt{\frac{P}{\Omega\rho}}\,\frac{1}{2l};$$

(6) $F = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{P}{\Omega\rho}}\,\frac{x}{l}$ (x première racine positive de $\cot x = \beta x$) $\left(\beta = \frac{m}{l\Omega\rho}\right)$ (6).

---

(5) La démonstration de cette formule est toute élémentaire. C'est d'ailleurs un cas particulier d'un résultat de Lagrange (*Œuvres de Lagrange*, **1**, p. 72).

(6) DUHAMEL, *Journal de l'École Polytechnique*, 1re série, 29e cahier, 1843, p. 1.

Par suite de l'identité des équations dans le problème des cordes vibrantes et dans celui des vibrations de torsion, la vérification de (1) peut se faire comme ci-dessus.

Pour comparer avec les valeurs numériques, théoriques et expérimentales, de Duhamel, on peut observer que (1) appliquée à (5) (6) donne

$$\frac{F}{f''} > \sqrt{\frac{1}{1+\frac{\pi^2}{4}\beta}}. \tag{7}$$

Duhamel a expérimenté avec des β variables. La première ligne du tableau ci-après donne les valeurs de F/f'' calculées théoriquement par (6); la seconde donne les valeurs observées; la troisième donne la limite (7). On peut constater que cette limite est bien respectée.

Calcul théorique......	0,71	0,6334	0,5783	0,5328	0,4679
Observation...........	0,71	0,634	0,5783	0,5327	0,468
Limite (7)............	0,699	0,621	0,570	0,524	0,461

Le cas d'une corde chargée de deux curseurs, également étudié théoriquement et expérimentalement par Duhamel, donne lieu à des vérifications analogues.

IV. *Vitesses critiques d'un arbre à la flexion.* — On peut appliquer la formule de Dunkerley aux vitesses critiques d'un arbre à la flexion parce que, comme l'on sait, ce problème est identique à celui des vibrations de flexion de l'arbre. Toutefois cette identité n'existe que lorsqu'on peut négliger le *couple* redresseur des forces centrifuges. C'est donc seulement dans ce cas que l'application est réellement légitime.

C'est par exemple ce qui arrive pour un arbre de section uniforme posé sur deux paliers et portant un disque en son milieu. M. Got a calculé rigoureusement les vitesses critiques d'un tel arbre et comparé la valeur de la première vitesse critique à celle que donnerait l'égalité de Dunkerley. Dans un cas particulier, il a trouvé que le rapport de la première à la seconde était 5,69/5,67, supérieur à 1, comme le veut l'inégalité (1) [7].

V. *Remarque.* — Les résultats numériques donnés ci-dessus montrent que l'inégalité (1), toujours bien vérifiée, est très souvent voisine de l'égalité, de sorte que la formule de Dunkerley est souvent sensiblement exacte. Cette circonstance provient certainement de ce qu'une fonction

[7] *Journal de l'École Polytechnique*, 2e série, 29e Cahier, 1931, p. 31-32.

varie peu au voisinage de son maximum. La déformée qui donne le maximum de $(\Delta' + \Delta'')/V$ ne saurait être très différente de celles qui rendent Δ'/V et Δ''/V maxima. Il est assez naturel qu'elle donne à ces deux rapports des valeurs voisines de leurs maxima.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la fixation par les cellules végétales vivantes des leucobases de certains colorants vitaux.* Note [1] de MM. **Alexandre Guilliermond** et **Roger Gautheret.**

Pour compléter nos recherches sur la coloration vitale, nous avons essayé sur diverses cellules végétales vivantes les leucodérivés de certains colorants vitaux : vert janus, rouge neutre, bleus de crésyle, de Nil et de méthylène [2], préparés dans un appareil du type ordinaire comprenant essentiellement un entonnoir cylindrique contenant le liquide dans lequel on fait barboter l'hydrogène pur; l'amiante sert de catalyseur et le liquide est le milieu de Schoen (sels minéraux, asparagine, glucose) ajustée à pH 8,2 et additionnée de 10^{mg} pour 100 du colorant à réduire. Le leucodérivé obtenu, on introduit pendant 10 minutes le fragment de plante sur lequel on veut opérer, puis on le retire avec une pince et on le lave rapidement pour que le leucodérivé retenu par les cellules s'oxyde, et on l'examine au microscope. Pour les Levures, on est obligé d'utiliser en supplément un tube (genre Thunberg) contenant celles-ci et communiquant par un robinet avec une trompe à eau pour y faire le vide, puis avec la partie inférieure de l'entonnoir cylindrique renfermant le leucodérivé; celui-ci pénètre sans se réoxyder dans le tube contenant la Levure. Au bout de 10 minutes, on centrifuge à faible vitesse; on ouvre le tube, on rejette le liquide et on lave rapidement la Levure à l'eau afin de la soustraire à l'action du leucodérivé, puis on l'examine au microscope. Quel que soit le mode opératoire utilisé, si le leucodérivé est fixé par les cellules, il se réoxyde à l'endroit même où il est localisé.

Le vert Janus a donné des résultats très intéressants. La réduction d'une solution de ce colorant amène d'abord sa transformation *en un dérivé rose instable* qui, réoxydé, redonne la forme verte. Si l'on continue la réduction,

---

(1) Séance du 17 août 1938.

(2) D'autres colorants (Diamant-fuchsine, violets de Dahlia, de méthyle, crystal violet, chrysoïdine) se réduisent, dans les conditions où nous avons opéré, d'une manière irréversible.

ce dérivé se transforme d'abord en un autre *dérivé rose stable*, incapable de revenir à la forme verte, puis aboutit au leucodérivé qui, par réoxydation, redonne le dérivé rose stable. On sait que le vert Janus colore dans les cellules vivantes les chondriosomes et souvent aussi les vacuoles, mais il ne se fixe ni sur le noyau, ni sur le cytoplasme : dans les cellules épidermiques des écailles bulbaires d'*Allium Cepa*, il ne colore que les plastes et les chondriosomes. Si l'on fait agir sur ces mêmes cellules le dérivé rose réversible, celui-ci se fixe sur les mêmes éléments, auxquels il confère après réoxydation une teinte verte. Le dérivé rose stable, au contraire, ne pénètre pas dans les mêmes cellules. Par contre, le leucodérivé, lui, se fixe sur le cytoplasme et le noyau qui, après oxydation, prennent une teinte rose, beaucoup plus accentuée au niveau du noyau, des plastes et des chondriosomes, et cela dans des cellules vivantes manifestant une circulation cytoplasmique active. Les cellules étant imperméables au dérivé rose stable, on ne peut donc admettre que le leucodérivé n'a pénétré qu'une fois réoxydé : il est donc certain que c'est ce dernier lui-même qui a été absorbé et réoxydé dans les cellules sous la forme rose stable, et il est intéressant de constater que le leucodérivé ne se comporte vis-à-vis des cellules ni comme la forme rose stable, ni comme la forme oxydée du colorant. Les résultats obtenus sur le *Saprolegnia diclina* sont semblables.

Aussi intéressants ont été les résultats obtenus par le rouge neutre. On sait par les travaux de Clark et Perkins que ce colorant réduit en milieu alcalin (pH 8,2 par exemple) donne un leucodérivé qui, par acidification du milieu (pH 5,2 par exemple), se transforme en un second dérivé distinct du premier, de couleur jaune et fluorescent. Celui-ci s'obtient également lorsqu'on réduit le rouge neutre en milieu acide. Enfin, tandis que l'oxydation du leucodérivé est rapide au contact de l'air, celle de la forme fluorescente est très lente, sauf si le milieu est très acide; ces données permettront de comprendre nos résultats. Nous avons surtout opéré sur le leucodérivé préparé à pH 8,2 par l'hydrogène. Si l'on fait agir celui-ci sur *Saprolegnia diclina*, le mycélium demeure incolore, mais, après lavage à l'eau, ses vacuoles se colorent aussitôt en rouge : celles-ci ont donc absorbé le leucodérivé, comme elles auraient absorbé le rouge neutre lui-même. La Levure de Springer donne un résultat différent : celle-ci placée dans une solution du leucodérivé reste incolore et ne se colore même pas après oxydation; si on la place alors dans la solution du leucodérivé qui a été réoxydée, le rouge neutre se fixe aussitôt dans les vacuoles. La Levure peut donc absorber le rouge neutre même après avoir séjourné dans une

solution réductrice, mais elle n'accumule pas le leucodérivé bien qu'il soit positif comme le colorant lui-même. Si l'on place des cellules de Levure préalablement colorées vitalement par le rouge neutre dans une solution de ce colorant dans l'appareil à réduction, le rouge neutre de celle-ci est réduit, mais pas celui accumulé dans les vacuoles. On peut obtenir cette réduction en faisant agir de l'hydrosulfite de sodium, réducteur énergique, mais difficilement et lorsque les cellules sont sur le point de mourir; les vacuoles prennent alors la teinte jaune de la forme fluorescente.

Les racines de Blé montrent un comportement différent. Placée dans le leucodérivé du rouge neutre, la pointe de cette racine devient jaune. L'observation microscopique, après oxydation, montre que les vacuoles des cellules de coiffe et des cellules différenciées sont teintes en jaune, celles des cellules méristématiques en orangé ou rouge; la teinte jaune des premières vire à l'orangé, puis au rouge en l'espace de quinze minutes environ. Ainsi, les vacuoles et spécialement celles de la coiffe et des tissus différenciés ont accumulé le leucodérivé et l'ont transformé en dérivé fluorescent qui, en présence de l'air, s'oxyde lentement. Il semble que cette transformation soit due à l'acidité des vacuoles qui, on le sait, renferment des composés oxyflavoniques; la teinte orangée ou rouge des cellules méristématiques s'expliquerait par le fait que celles-ci sont moins acides : elles fixeraient le leucodérivé sans le transformer en dérivé fluorescent et celui-ci s'oxyderait instantanément à l'air. Les cellules épidermiques d'*Allium Cepa* et d'*Iris germanica*, qui contiennent aussi des composés oxyflavoniques, accumulent aussi le leucodérivé du rouge neutre en le transformant en dérivé fluorescent. Au contraire, les racines de Haricot dépourvues de tout composé phénolique, fixent, d'une manière faible d'ailleurs, le leucodérivé dans leurs vacuoles, mais ne le transforment pas en dérivé fluorescent : ces dernières, après oxydation, apparaissent aussitôt avec une teinte rouge. Cela semble donc indiquer qu'ici les vacuoles ne sont pas acides et en même temps confirmer notre interprétation.

Ces expériences ont été complétées par d'autres effectuées au moyen du dérivé fluorescent préparé par l'action de l'hydrosulfite de soude sur le rouge neutre. Celui-ci ne se comporte pas vis-à-vis des Levures comme le leucodérivé, car il colore très bien leurs vacuoles : il colore aussi celles des racines et des épidermes en leur conférant une teinte jaune qui ne réagit que lentement à l'oxydation. Enfin, en plaçant dans l'hydrosulfite de soude des cellules de coiffe de Blé colorées vitalement par le rouge neutre, on

obtient, comme pour les Levures, une réduction lente, aboutissant à la forme fluorescente et que l'on peut suivre sous le microscope.

Les bleus de crésyle et de Nil réduits sont aussi accumulés dans les vacuoles et peuvent y être réoxydés au contact de l'air. Dans la Levure, le leucodérivé du bleu de Nil est fixé, soit dans la vacuole, soit dans le cytoplasme. La centrifugation violente en présence du leucodérivé donne, après réoxydation, une coloration du cytoplasme; après une centrifugation faible, le colorant apparaît dans la vacuole. L'accumulation du leucodérivé dans le cytoplasme témoigne donc d'une altération. La coloration obtenue par le leucodérivé, après oxydation, est, en tous cas, toujours plus faible que celle obtenue par la forme oxydée du colorant et, si l'on fait agir le liquide réoxydé sur la Levure placée préalablement dans le leucodérivé, puis mise à l'air, la coloration de la vacuole s'accentue; le fait est encore plus net avec le bleu crésyle qui se comporte comme le bleu de Nil, mais se fixe surtout sur la vacuole. Il semble que ce n'est pas la vacuole qui accumule moins le leucodérivé que le colorant oxydé, mais la cellule qui est moins perméable au premier qu'au second. Les racines de Blé, Orge, Haricot, Ricin, les épidermes d'*Allium Cepa* et d'*Iris germanica* ont fourni les mêmes résultats. Toutefois dans les cellules d'*Allium*, le leucodérivé du bleu de crésyle ne s'est pas comporté comme le colorant lui-même, car il s'est réoxydé non seulement dans la vacuole, mais aussi au sein du noyau, plus faiblement aussi au sein des plastes et des chondriosomes. Nous avons essayé enfin de réduire par l'hydrosulfite de soude, entre lame et lamelle, le colorant au sein des vacuoles, sur des cellules de coiffe de Blé préalablement colorées vitalement par le bleu de crésyle. Comme avec le rouge neutre, la réduction, très rapide dans le milieu extérieur, ne s'est opérée que très lentement dans les vacuoles. Après réoxydation la vacuole a repris une teinte intense qui montre bien que la réduction n'a pas empêché le colorant de demeurer dans la vacuole. La lenteur de réduction, observée déjà pour le rouge neutre, semble prouver que le cytoplasme forme un écran protecteur qui soustrait, dans une certaine mesure, la vacuole à l'action réductrice du milieu.

Quant au leucodérivé du bleu de méthylène, de même que ce colorant, il ne pénètre dans les Levures qu'à des pH très élevés (9 à 11) : il se fixe alors exclusivement sur le cytoplasme qui, après réoxydation, montre une teinte bleue diffuse.

Nos recherches démontrent donc, qu'en général, les leucodérivés des colorants vitaux, basiques comme ceux-ci, s'accumulent dans les cellules

vivantes comme ces colorants eux-mêmes, mais que leur pénétration est plus lente que celle de la forme oxydée du colorant. Elles établissent, en outre, que si les leucodérivés ont souvent les mêmes propriétés vis-à-vis des cellules que les colorants correspondants et se fixent sur les mêmes éléments, il n'en est pas toujours ainsi.

M. Ch. Jacob fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Georges Macovei, directeur de l'Institut géologique de Roumanie, *Les Gisements de Pétrole. Géologie, statistique, économie,* dont il a écrit la *Préface.*

CORRESPONDANCE.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une généralisation des transformations relativistes.* Note de (1) M. **Gleb Wataghin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons examiné (2) une modification du formalisme de la théorie quantique, qui se base sur l'hypothèse de l'existence de nouvelles limitations de nos possibilités de définir et mesurer les grandeurs physiques, et d'une nouvelle indétermination dans le domaine des chocs avec de très grandes énergies relatives.

Dans ce qui suit, nous nous proposons de montrer que l'existence de ces limitations nous obligent à généraliser le groupe des transformations qui forment la base de la relativité. Commençons par faire observer que, dans chaque dispositif de mesure, il y a une partie des appareils qui constitue le système de référence pour les mesures d'espace, de temps et d'impulsions. C'est, par exemple, le diaphragme du microscope de Heisenberg qui détermine l'ouverture angulaire dans les mesures de position, où le réseau de diffraction dans les mesures d'impulsions qui fixent le système de référence.

Nous admettons qu'on doit distinguer entre les transformations des

(1) Séance du 8 août 1938.

(2) *Comptes rendus,* 207, 1938, p. 358; *Nature* (en cours de publication); *Buletins da Faculdade de Filosofia da Universidade de San Paulo,* 5, 1, 1938, p. 31.

coordonnées mathématiques (du type des transformations relativistes) et les transformations consistant en un changement du dispositif de mesure, et nous admettons que ce sont ces dernières qui ont une importance physique dans les problèmes ici discutés ([3]). Par conséquent, il devient nécessaire de substituer aux groupes des transformations relativistes ponctuelles entre les x et les p (pensées comme des nombres c), un groupe de transformations unitaires (canoniques) de la théorie quantique. Ces transformations canoniques qui, selon la théorie quantique, établissent la correspondance entre des mesures faites par des dispositifs expérimentaux différents, doivent donner dans la limite $h=0$ les transformations ordinaires de la relativité. L'existence de ces transformations n'a pas besoin d'être démontrée, car elle constitue un des postulats de la théorie quantique que nous introduisons aussi dans la nouvelle algèbre des états et des observables, de même que l'interprétation statistique des éléments de ces transformations (amplitudes de probabilité).

L'existence d'une limite inférieure des longueurs mesurables $r_0 = h/b$, telle que $\Delta x \gtrsim r_0$ se déduit du formalisme modifié de la théorie quantique. Il est instructif de voir que cette propriété se conserve pour deux systèmes de référence réalisés par deux microscopes à rayons γ. Considérons, par exemple, la production d'une gerbe par choc de deux corpuscules ([4]).

Un microscope à rayons γ, en repos par rapport au centre de gravité de la gerbe, ne peut localiser le point du choc avec $\Delta x < r_0$ parce que les corpuscules de la gerbe ont $\lambda \sim r_0$. Un autre microscope, en mouvement par rapport au premier, avec une vitesse telle que $\xi = 1/\sqrt{1-\beta^2} \gg 137$, peut être illuminé par les corpuscules de la gerbe ayant $\lambda \sim h/\xi b = r_0/\xi$ et projetées dans un angle $\alpha \lesssim 1/\xi = b/p$. Mais son pouvoir résolutif est encore

$$\Delta x \sim \frac{\lambda}{\alpha} \sim \left(\frac{r_0}{\xi}\right) : \frac{1}{\xi} = r_0.$$

D'une manière analogue peuvent être traitées d'autres expériences, par exemple la mesure d'impulsion par effet Compton, et l'on obtient, dans tous les cas que j'ai examinés, l'accord avec l'existence des limitations et d'indétermination supplémentaires.

Or il y a une incompatibilité entre ces résultats et la validité du groupe de Lorentz, entre les coordonnées x^i et $x^{k'}$, pensées comme des nombres c

([3]) G. Wataghin, *Zeits. f. Phys.*, 66, 1930, p. 650; 73, 1931, p. 126.
([4]) *Comptes rendus, loc. cit.*

(commutables). En effet l'erreur $\Delta x^i \sim r_0$ peut être réduite, par contraction de Lorentz, au-dessous de la limite r_0.

C'est seulement en se rappelant que les coefficients de Lorentz l_i^k sont des observables (qui peuvent être non commutables avec les x^i, par exemple, $l_i^k x^i - x^i l_i^k \sim r_0$) et que la position réciproque des deux microscopes ne peut pas être fixée avec $\Delta x < r_0$, qu'on élimine la contradiction.

Les transformations unitaires qui substituent et généralisent les transformations relativistes (en réalisant le passage d'un dispositif de mesure à un autre) transformant aussi la subdivision de l'espace de phase en un nombre fini de cellules quantiques relatif à un système de référence en subdivision correspondante du second système.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Radiosilicium produit par bombardement du soufre avec des neutrons rapides.* Note [1] de MM. **J. Cichocki** et **A Soltan**, transmise par M. Maurice de Broglie.

Dans une étude des réactions nucléaires de radioactivité artificielle excitées par des neutrons rapides, MM. M. L. Pool, M. Cork et R. L. Thornton [2] ont pu mettre en évidence deux corps radioactifs formés à partir du soufre, de périodes 26 min. et 14,5 jours.

Nous avons repris les mêmes expériences en nous servant de neutrons produits par bombardement du lithium par des deutons de 430 KeV. Dans ces conditions l'énergie des neutrons atteint $13,5.10^6$ eV; cette valeur est inférieure à celle des neutrons de MM. Pool, Cork et Thornton qui disposaient d'un cyclotron et bombardaient le soufre avec des neutrons d'énergie allant jusqu'à 20.10^6 eV.

Nous observions la radioactivité à l'aide d'une chambre d'ionisation de 3 litres de volume, remplie d'anhydride carbonique sous une pression de 10,2 atmosphères, et munie de fenêtres d'aluminium d'épaisseur $0^{mm},14$ et de surface totale 18^{cm^2}. Le courant d'ionisation était mesuré à l'aide d'un électromètre Perucca.

Dans ces conditions, après une activation de 1,5 heure, nous n'avons pu déceler aucune trace du produit de 26 min.; par contre, nous avons constaté, à côté du rayonnement connu de période 14,5 jours, un autre

(1) Séance du 17 août 1938.

(2) *Physical Review*, 52, 1937, p. 239.

rayonnement de période voisine de 2,6 heures (³). Le rapport des intensités initiales 1(2,6 heures) : 1(14,5 jours) calculé pour une excitation correspondant à la saturation est, dans nos conditions de mesure, de l'ordre de 0,005.

Or il est à peu près certain que le corps de 14,5 jours est formé suivant la formule ${}^{32}_{16}S + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{32}_{15}P + {}^{1}_{1}H$; d'autre part, si l'on admet, avec MM. Pool, Cork et Thornton, que la substance de 26 min. est produite par l'effet ${}^{32}_{16}S + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{31}_{16}S + 2\,{}^{1}_{0}n$, il est naturel de supposer que la radioactivité de période 2,6 heures soit due au radiosilicium formé à partir du soufre de masse 34, suivant la réaction ${}^{34}_{16}S + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{31}_{14}Si + {}^{4}_{2}He$, ou bien au radiophosphore formé à partir du soufre de masse 33 ou 34 suivant l'une des deux réactions ${}^{33}_{16}S + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{33}_{15}P + {}^{1}_{1}H$ et ${}^{34}_{16}S + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{34}_{15}P + {}^{1}_{1}H$. Ce sont les seules possibilités auxquelles on peut s'attendre, d'après nos connaissances actuelles sur les types de réactions nucléaires et sur les isotopes des éléments en question.

Dans cet ordre d'idées nous avons entrepris la séparation chimique des produits actifs. 140^g de soufre chimiquement pur, irradiés par des neutrons rapides, étaient fondus et évaporés lentement dans un récipient en *silice*. Le résidu, sous forme d'une couche mince, a montré une forte activité grâce à une concentration très poussée des produits actifs. Ce résidu a été oxydé à l'aide d'un mélange de HNO^3 et HCl avec addition d'un peu de $KClO^3$, après quoi on a fondu dans le même récipient de la soude caustique pour former des silicates provenant d'ailleurs principalement des parois du récipient ; de cette manière on disposait d'une quantité de silicium suffisante pour une séparation chimique ordinaire.

En traitant ensuite le contenu de l'acide chlorhydrique concentré et en le chauffant jusqu'à évaporation complète de HCl, on obtenait un résidu dont la partie insoluble était formée principalement de SiO^2. On séparait celui-ci par filtration et l'on observait les deux activités : celle du dépôt sur le filtre et celle des corps solubles, après avoir fait évaporer le solvant.

Les résultats des mesures de ces activités ont montré que la partie insoluble contient pratiquement tous les atomes de période 2,6 heures et qu'elle ne contient pas plus de 5 pour 100 des atomes de période 14,5 jours.

(³) Dans une revue des radioactivités artificielles MM. K. Diebner et E. Grassmann (*Physikalische Zeitschrift*, 39, 1938, p. 469) mentionnent une observation de M. Sagane qui, également, a pu mettre en évidence un corps de cette période, excité dans le soufre par des neutrons.

dont le reste (95 pour 100) se retrouve dans la partie soluble. Cette séparation des deux corps radioactifs est tout à fait satisfaisante; elle semble trancher la question en faveur du radiosilicium de masse 31 formé à partir du soufre et émettant un rayonnement de période 2,6 heures.

Un petit nombre d'atomes de radiophosphore (14,5 jours) a probablement été adsorbé et retenu par la silice, ce qui n'a pas permis une séparation complète.

Une confirmation supplémentaire est donnée par la mesure précise de la période de 2,6 heures et sa comparaison avec celle du radiosilicium de masse 31 provenant d'une autre origine, notamment formé pendant la réaction bien établie $^{31}P - n, p - ^{31}S_i$. En mesurant les périodes des deux produits nous avons obtenu les valeurs suivantes :

$157{,}3 \pm 1{,}3$ min. pour le corps actif formé à partir du soufre;
$156{,}9 \pm 1{,}6$ min. pour le radiosilicium formé à partir du phosphore.

Il est surprenant que MM. Pool, Cork et Thornton n'aient pas observé ce corps radioactif tandis qu'ils ont pu déceler le produit de 26 min. inobservable avec la source de neutrons dont nous disposons pour le moment.

A l'occasion de ces mesures, nous avons déterminé avec plus de précision qu'il n'a été fait jusqu'à présent, la période du radiophosphore ^{30}P produit par la réaction n, $2n$; nos mesures donnent $130{,}6 \pm 1{,}5$ sec.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude du système iodure mercurique-bromure mercurique-alcool absolu et mise en évidence d'un bromoiodure mercurique par l'effet Raman.* Note (¹) de M. **Félix François.**

I. *Étude du système* HgI^2-$HgBr^2$-*alcool absolu, à la température de* 50°. — Cette étude, pratiquée suivant la méthode des restes de Schreinemackers, conduit à une courbe de solubilité comportant trois branches. L'aspect du solide en équilibre avec une liqueur donnée varie suivant le tronçon envisagé. Le long du premier les solides sont blancs; le long du deuxième, leur coloration, blanc jaunâtre, s'accuse à mesure que l'on décrit la branche dans le sens de la flèche, jusqu'à devenir citron. En I le dépôt est un mélange de solides jaune et rouge; le long du troisième tronçon le solide est rouge.

(¹) Séance du 18 juillet 1938.

Les cristaux ne contiennent pas d'alcool combiné. La constitution globale du solide en équilibre avec une liqueur déterminée est donc donnée par l'intersection des droites telles que AA′ avec la base du triangle équilatéral. L'examen du diagramme montre que cette composition des cristaux

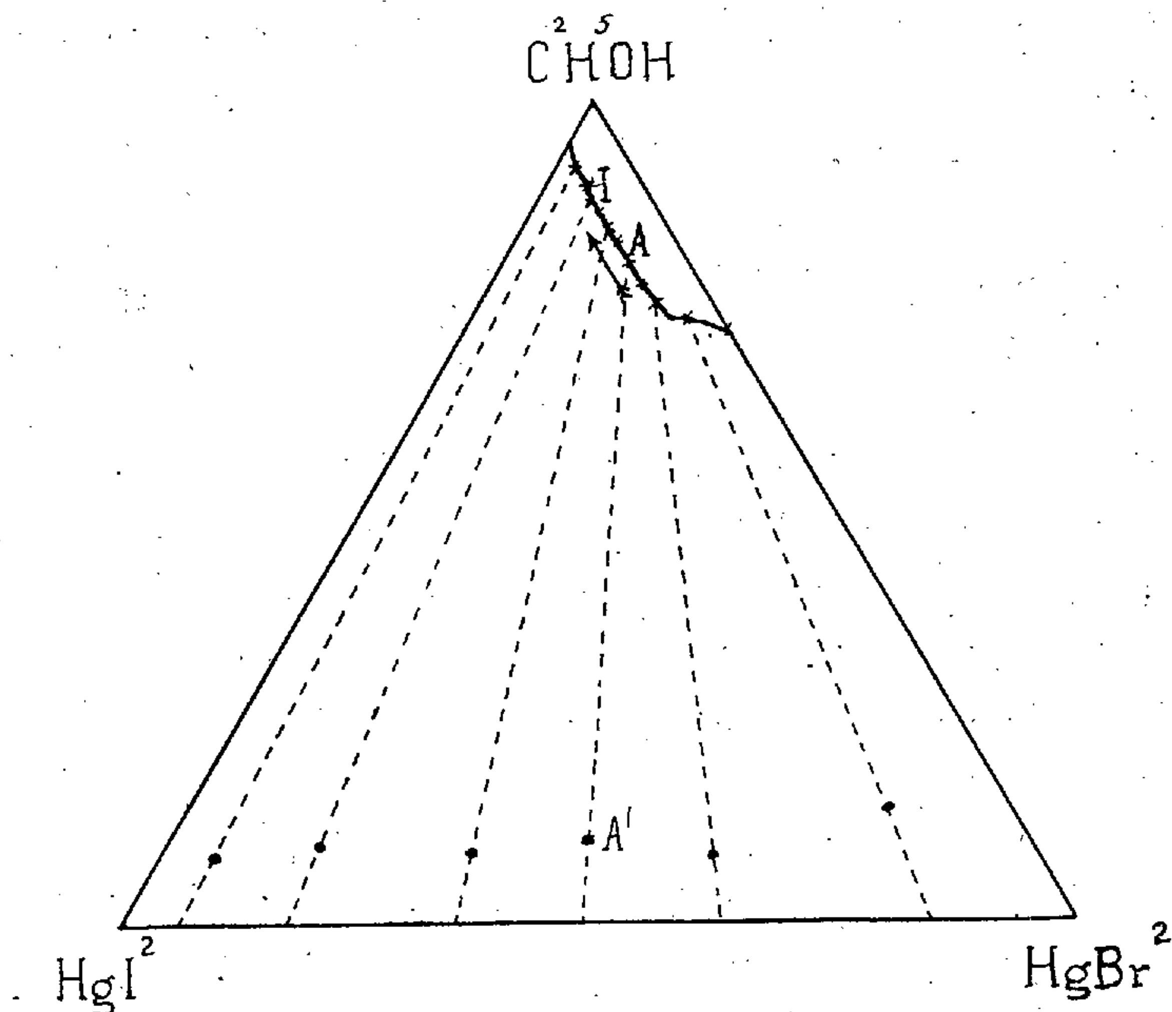


Diagramme relatif à 100g de substance (Température 50°).

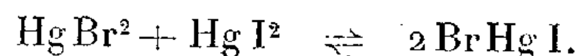
varie continuellement avec le rapport $HgI^2/HgBr^2$ dans la solution. On n'a jamais affaire à un composé cristallisé défini, mais à des cristaux mixtes. Trois sortes de cristaux mixtes correspondent aux trois tronçons différents de la courbe.

II. *Mise en évidence de molécules de bromoiodure mercurique par l'effet Raman.* — Le spectre Raman des solutions alcooliques de $HgBr^2$ comporte la raie forte ν_1 205 cm^{-1}; celui de HgI^2 la raie forte ν_2 150 cm^{-1}. On observe que celui des solutions alcooliques contenant à la fois $HgBr^2$ et HgI^2 n'est pas seulement la superposition des deux précédents, mais qu'il comporte quatre raies : les deux raies ν_1 et ν_2, et deux autres raies ν'_1 233 cm^{-1}(f) et ν'_2 168 cm^{-1}(F). A concentration égale en HgI^2, l'augmentation de la concentration de $HgBr^2$ dans la solution renforce l'intensité relative de ν'_1 et affaiblit celle de ν_1. La très faible solubilité de HgI^2 ne permet pas de faire varier sensiblement la concentration de celui-ci

tout en laissant constante celle de $HgBr^2$; cependant il apparaît que ν'_2 et ν'_1 ont par rapport à ν_2 et ν_1 des significations analogues.

Les fréquences ν_1 et ν_2 correspondent respectivement aux liaisons Hg — Br dans $HgBr^2$ et Hg — I dans HgI^2, ces deux composés existant donc encore tous deux à l'état libre dans la liqueur; ν'_1 et ν'_2 correspondent aux mêmes liaisons HgBr et Hg — I, mais dans l'halogénure mixte BrHgI.

La solution est donc le siège d'un équilibre entre ces trois sortes de molécules



$$HgBr^2 + HgI^2 \rightleftharpoons 2\,BrHgI.$$

Il est probable que le spectre complet de BrHgI comporte, en outre, une troisième raie assez proche de l'excitatrice et d'intensité beaucoup plus faible que ν'_1 et ν'_2. L'identification de cette raie, qui nécessiterait un dépouillement microphotométrique du cliché, est d'ailleurs rendue difficile par la présence dans cette région de nombreuses raies du mercure.

Il convient de signaler que les solides cristallisés obtenus par évaporation des solutions donnent également un spectre Raman présentant à la fois les fréquences caractéristiques de BrHgI, de HgI^2 et de $HgBr^2$. Ces trois corps sont donc susceptibles de syncristalliser.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'étude du raffinage des huiles au moyen d'une méthode photographique.* Note (1) de MM. **Jean-Jacques Trillat** et **A. Aubry**, transmise par M. Maurice de Broglie.

On sait que le raffinage des huiles minérales a pour but d'éliminer des impuretés présentant une très grande activité superficielle; cette élimination se traduit par une élévation de la tension interfaciale par rapport à l'eau. Weiss, Vellinger et Radulesco (2) ont, les premiers, utilisé ce phénomène pour contrôler le raffinage, et leurs résultats ont été confirmés par J. J. Trillat et L. Leprince-Ringuet (3).

Nous avons cherché à utiliser dans le même but la méthode d'enregistrement photographique de l'adsorption, décrite par l'un de nous (4).

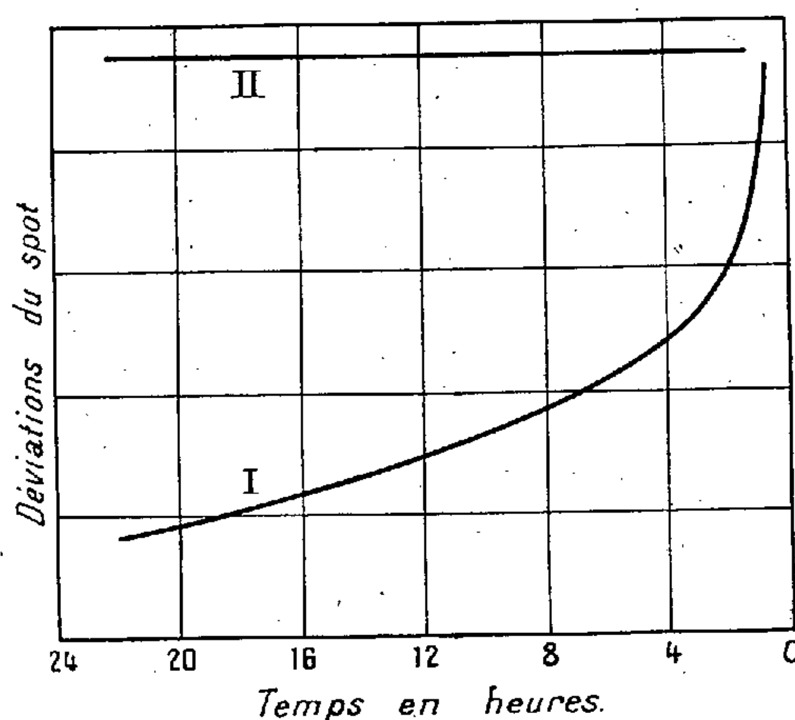
(1) Séance du 8 août 1938.

(2) H. Weiss et E. Vellinger. *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 109; 188, 1929, p. 1089; E. Vellinger et G. Radulesco, *Ann. Off. Combust. liq.*, 2, 1934, p. 279.

(3) J. J. Trillat et L. Leprince-Ringuet, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1214.

(4) J. J. Trillat et R. Vaillé, *J. Ch. Phys.*, 33, 1936, p. 742; J. J. Trillat, *Mém. Sc. Phys.*, 18, 1938.

Pour cela, nous sommes partis d'une huile de vaseline déjà raffinée, mais renfermant néanmoins des impuretés tensioactives. Lorsqu'on met cette huile en contact avec de l'eau pure, la courbe obtenue à la température de 13° et pour une force initiale de 20 dynes/cm, présente en effet une chute très marquée en fonction du temps, ce qui est la preuve d'une adsorption sélective, à la surface de l'eau, de molécules polaires constituant les impuretés (Courbe I).



La même huile a été traitée par une terre activée [5]. Celle-ci a été chauffée d'abord à 150° dans un moufle pendant 15 minutes, puis a été refroidie dans une étuve à 100°. La terre a été alors ajoutée, dans la proportion de 10 pour 100, à l'huile portée à 40°; le mélange, bien agité, a été ensuite soigneusement décanté et centrifugé.

L'huile ainsi traitée, examinée par la méthode d'enregistrement photographique, donne alors, dans les mêmes conditions de température ($T = 13°$) et de tension initiale ($f = 20$ dynes/cm) que pour l'huile non raffinée, une droite parallèle à l'axe des temps. Aucune chute ne se manifeste, même au début de l'expérience. (Courbe II.)

Ceci est en accord avec les mesures absolues de tension interfaciale. On trouve, en effet, pour l'huile non raffinée : $\gamma = 48$ dynes/cm au début de l'expérience et $\gamma = 36,4$ dynes/cm après 24 heures. Pour l'huile raffinée $\gamma = 49,9$ dynes/cm et reste invariable durant toute la durée de l'essai.

Ces résultats indiquent que l'huile raffinée sur terre est devenue *complè-*

([5]) Suivant indications de M. P. Woog.

tement inactive; elle ne contient plus que des carbures saturés, non susceptibles d'adsorption au contact de l'eau. Un tel produit peut présenter de l'intérêt pour certaines études physiques ou physico-chimiques, pour lesquelles on a besoin de liquides rigoureusement non polaires.

La méthode d'enregistrement photographique permet donc d'étudier et de contrôler d'une façon particulièrement précise le processus du raffinage des huiles minérales; elle présente en outre l'intérêt de supprimer toute erreur personnelle du fait de son automaticité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur la condensation des aldéhydes acycliques avec les cétones cyclaniques. Condensation des aldéhydes formique et acétique avec la cyclopentanone.* Note (¹) de MM. **Henry Gault** et **Jean Skoda**, transmise par M. Marcel Delépine.

Nous avons étendu à la cyclopentanone (I) les recherches que l'un de nous poursuit depuis quelques années, avec divers collaborateurs, sur la condensation des aldéhydes acycliques avec les composés carbonylés, dans le but de préparer et d'étudier non seulement les produits de fixation progressive des aldéhydes acycliques sur la cyclopentanone, mais aussi les polyols résultant de l'hydrogénation des cétols formés.

1. *Condensation de l'aldéhyde formique avec la cyclopentanone. a. Méthylol-cyclopentanones.* — C. Mannich et W. Brose (²) ont obtenu par condensation de la cyclopentanone avec le formol, en présence de chaux, la *tétraméthylol-cyclopentanone* (II). On doit cependant penser qu'en réalité, le formaldéhyde et la cyclopentanone se condensent par stades successifs correspondant à la formation intermédiaire de monométhylol-, diméthylol- et triméthylol-cyclopentanones et que ces méthylol-cyclopentanones peuvent ne pas apparaître dans la réaction si elles se trouvent en présence d'un excès de formaldéhyde ou bien si elles se condensent avec le formol plus rapidement que la cyclopentanone elle-même.

En fait, en cherchant à agir sur les vitesses de condensation des composés introduits ou formés dans la réaction et, en particulier, en effectuant la condensation initiale cyclopentanone-formol avec un excès

(¹) Séance du 17 août 1938.

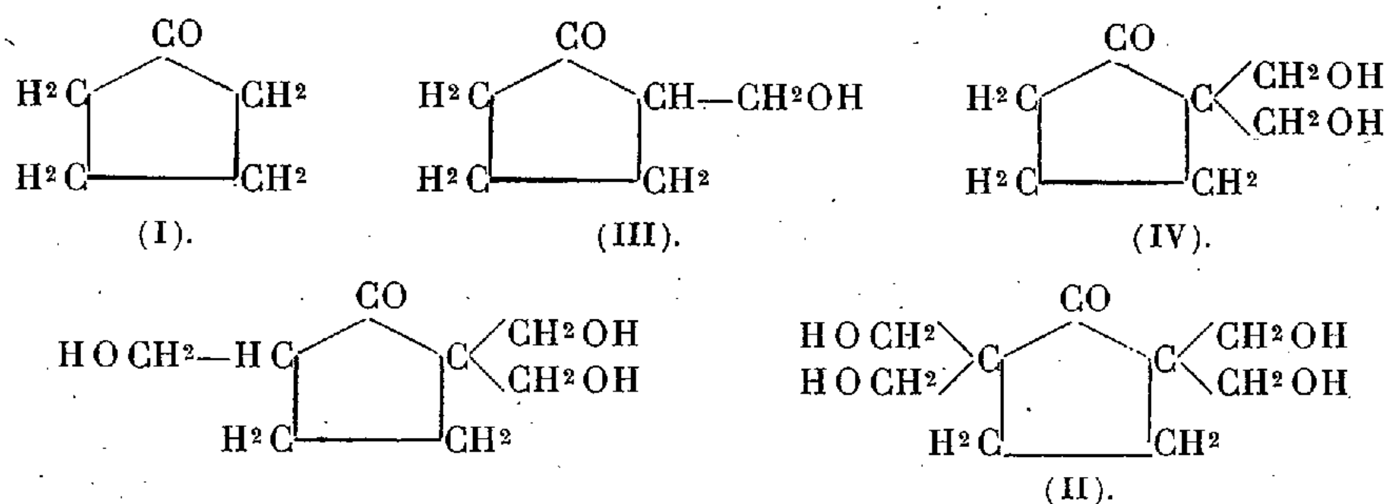
(²) *Ber, d. chem. Gesellsch,* 56, 1923, p. 833.

notable de cyclopentanone, à basse température et en présence de carbonate de potassium, nous avons pu isoler, avec des rendements assez satisfaisants, les *monométhylol-* et *diméthylol-cyclopentanones*.

Monométhylol-cyclopentanone (III) E_2 94°. — *Phénylhydrazone* F. 96-97°. — *Dérivé acétylé* E_{15} 120-121°.

Diméthylol-cyclopentanone (IV) F. 25-27°; E_2 146-148°. — *Phénylhydrazone* F. 116-117°. — *Dérivé diacétylé* E_{16} 169-170°.

b. Méthylol-cyclopentanols. — Les monométhylol- et diméthylol-cyclopentanones s'hydrogènent avec une extrême facilité en présence de nickel de Raney avec formation du *monométhylol-cyclopentanol* (E_{16} 137°; *dérivé diacétylé* E_{18} 131°), déjà préparé par Zelinsky et Ouchakoff (³) par une tout autre méthode, et du *diméthylol-cyclopentanol*, indistillable sans décomposition (*dérivé diacétylé* E_5 154-155°) :



2. *Condensation de l'aldéhyde acétique avec la cyclopentanone. Monoéthylol-cyclopentanone.* — Dans des conditions opératoires identiques à celles qui nous ont permis d'obtenir les mono- et diméthylol-cyclopentanones, nous avons pu fixer facilement l'acétaldéhyde sur la cyclopentanone avec formation, à côté de produits de condensation plus profonde, de la *monoéthylol-cyclopentanone* E_1 95°.

Signalons enfin l'extrême sensibilité de la diméthylol-cyclopentanone vis-à-vis des alcalis caustiques qui, à la température ordinaire, la transforment quantitativement en un produit infusible et insoluble dans les solvants habituels, produit dont nous n'avons pas encore établi la constitution exacte.

(³) *Bull. Soc. Chim.*, 35, 1924, p. 484.

ZOOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Cycle évolutif d'un Trématode du genre* Coitacæcum *W. Nicoll. Progenèse de la larve métacercaire chez des Amphipodes.* Note de M. **Robert-Ph. Dollfus**, présentée par M. Paul Marchal.

Les *Gammarus pulex* (L.) et *Echinogammarus Berilloni* (Catta), récoltés dans la rivière la Veude, qui longe, à l'Est, le Domaine universitaire de Richelieu (Indre-et-Loire), hébergent des larves métacercaires enkystées de distomes, de trois espèces. Chez deux de ces trois espèces, la métacercaire est souvent progénétique et produit des œufs dans son kyste. De ces espèces progénétiques, l'une est *Pleurogenes medians* (Olsson), l'autre appartient au genre *Coitocæcum* et fait l'objet de la présente communication. Dans ce genre, non signalé en France, les branches intestinales se continuent l'une par l'autre en arrière du testicule postérieur. Sous les mêmes pierres que les gammares vit un petit Gastéropode, *Theodoxia* [=*Neritina*] *fluviatilis* (L.), infesté dans la proportion de 30 à 40 pour 100 par des sporocystes. Ces sporocystes en forme de saucisse, blanchâtres ou parfois un peu jaune brunâtre à maturité, sont longs de 1 à 3^{mm} environ, avec un diamètre de $0^{mm},14$ à $0^{mm},25$ env.; ils contiennent souvent jusqu'à une quarantaine de cercaires à cuticule nue, caractérisées par leur appendice caudal en forme de cloche, fonctionnant comme une ventouse.

La longueur totale de celle-ci varie de $0^{mm},25$ à $0^{mm},36$ au repos, mais peut atteindre le double lors du maximum des mouvements d'extension; la largeur varie de 0,060 à 0,085 au repos, mais devient moitié moindre lors de l'étirement maximum de l'extension. L'appendice caudal est long de 0,038 à 0,058 avec une largeur presque égale au repos et environ moitié moindre en extension, sa cavité est revêtue d'une couche de grosses cellules à contenu granuleux. La ventouse orale a un diamètre moyen de 0,04 env., mais peut s'allonger longitudinalement et mesurer alors, par exemple 0,038 sur 0,059; inséré dans son bord antéro-dorsal se trouve un stylet court et large de 17 à 18^{μ} sur 6 à 7^{μ}.

La ventouse ventrale a un diamètre de 0,04 à 0,06, son centre est toujours en arrière de la mi-longueur du corps (sans l'appendice caudal). Cette ventouse est susceptible d'évagination, le repli circulaire qui l'entoure et que l'on voit chez la cercaire au repos, disparaît alors.

En avant de la ventouse ventrale, il y a, de part et d'autre du plan sagittal, un groupe de grandes cellules glandulaires à contenu granuleux, non éosinophile; l'observation directe sur le vivant ne m'a permis de voir distinctement, dans chaque groupe, que quatre cellules, mais il est possible qu'il y en ait une ou deux de plus, masquées par celles qui sont bien apparentes, ce point sera précisé plus tard sur des

coupes. Le corps de ces grandes cellules se prolonge par un canal, les canaux d'un même côté du corps sont réunis en un faisceau et, de part et d'autre du stylet, s'ouvrent les canaux d'un des faisceaux.

A la ventouse orale fait suite un prépharynx, long, par exemple, de 35 à 50^{μ}, qui au delà du ganglion nerveux, atteint le pharynx; celui-ci, un peu moins long que large, peut mesurer par exemple 13^{μ} sur 15 et jusqu'à 22^{μ} sur 27; l'œsophage lui fait suite, mais n'est pas complètement formé et ne peut pas être suivi au delà des glandes du stylet; les branches intestinales ne sont pas encore développées. En arrière de la ventouse ventrale se trouve la vessie, très volumineuse, sacciforme, qui peut atteindre antérieurement le bord postérieur de la ventouse et s'étend presque tout à fait jusqu'à l'insertion caudale. La cavité de la vessie est limitée par une couche de très grosses cellules presque cubiques, il y a 8 ou 10 protonéphridies de chaque côté du corps. Les ébauches génitales sont situées dorsalement à l'acetabulum, elles le dépassent un peu antérieurement (ébauche de la poche du cirre) et s'étendent postérieurement jusqu'au cul-de-sac de la vessie, où elles se terminent par une courte bifurcation.

Par tous ses caractères, cette cercaire appartient au groupe des cercaires dites *cotylicerques* (R.-Ph. Dollfus 1913). A maturité, la cercaire sort du mollusque, se fixe sur la coquille ou aux alentours par son appendice caudal et se tient dressée dans l'eau. Si un Gammare passe à sa portée, elle s'y attache et y pénètre. J'ai obtenu expérimentalement cette pénétration. Dans le Gammare, la cercaire s'enkyste rapidement, le kyste grandit en même temps que la métacercaire, mais reste mince et transparent, sa forme est ellipsoïdale. Des kystes âgés de plusieurs mois arrivent à mesurer par exemple, $300^{\mu} \times 575^{\mu}$, $462^{\mu} \times 500^{\mu}$, sans compression. Le développement dans le kyste peut atteindre presque la forme adulte, les organes génitaux deviennent fonctionnels, le *receptaculum seminis* et le canal de Laurer se remplissent de spermatozoïdes et il n'est pas rare que des œufs soient pondus dans le kyste. Chez une grande métacercaire (tirée de kyste elle était longue d'environ $1^{mm},4$); j'ai compté seize œufs dont le plus petit mesurait $56^{\mu} \times 41^{\mu}$ et le plus grand $69^{\mu} \times 43^{\mu}$; il arrive aussi que l'on trouve seulement des œufs plus petits, par exemple de $52^{\mu} \times 26^{\mu}$ ou pas d'œufs du tout. En faisant ingérer des *Gammarus* et *Echinogammarus* par des *Anguilla anguilla* (L.), j'ai obtenu, au bout de quelques jours, des adultes ne différant guère de la métacercaire que par un plus grand développement des vitellogènes et une moyenne plus élevée de la taille des œufs, ceux-ci variant de $64^{\mu} \times 42^{\mu}$ à $73^{\mu} \times 46^{\mu}$.

En faisant ingérer ces mêmes amphipodes porteurs de kystes par des truites arc-en-ciel *Salmo irideus* W. Gibb., j'ai constaté que, dans ces poissons, la métacercaire sort bien de son kyste et se maintient dans

l'intestin, mais sans activité sexuelle, ce qui semble indiquer que la truite arc-en-ciel n'est pas un hôte définitif convenant à ce *Coitocæcum*. Avec les *Theodoxia*, les *Gammarus* et les *Echinogammarus* vivent dans la même biocœnose, des *Cottus gobio* L. qui s'infestent naturellement en mangeant les *Gammarus* et *Echinogammarus*. A la dissection j'ai trouvé le *Coitocæcum* adulte dans l'intestin de ces *Cottus*. Le cycle évolutif peut se résumer ainsi : de l'œuf sort un miracidium (pas encore observé) qui pénètre dans *Theodoxia* et y produit des sporocystes, ceux-ci produisent des cercaires, qui sortent à maturité et vont s'enkyster dans les *Gammarus* et *Echinogammarus*; ces Amphipodes sont avalés par *Cottus* et *Auguilla* où la métacercaire sort de son kyste, donnant l'adulte, qui pond dans l'intestin. Les œufs sont éliminés à l'extérieur et le cycle recommence. On peut se demander si, en raison de la progenèse de la métacercaire, il n'y aurait pas, parfois, un cycle abrégé, sans poisson comme hôte définitif. Le genre *Coitocæcum* a une distribution géographique considérable, il compte des représentants jusqu'au Queensland, il comprend des espèces marines et des espèces d'eau douce.

Je n'indique pas de nom spécifique pour le *Coitocæcum* de Richelieu, car je ne suis pas actuellement certain qu'il soit nouveau. Il se pourrait que l'espèce ait été décrite (comme adulte ou comme larve) dans un autre genre, *Allocreadium* par exemple, par des observateurs n'ayant pas vu l'anastomose des branches intestinales.

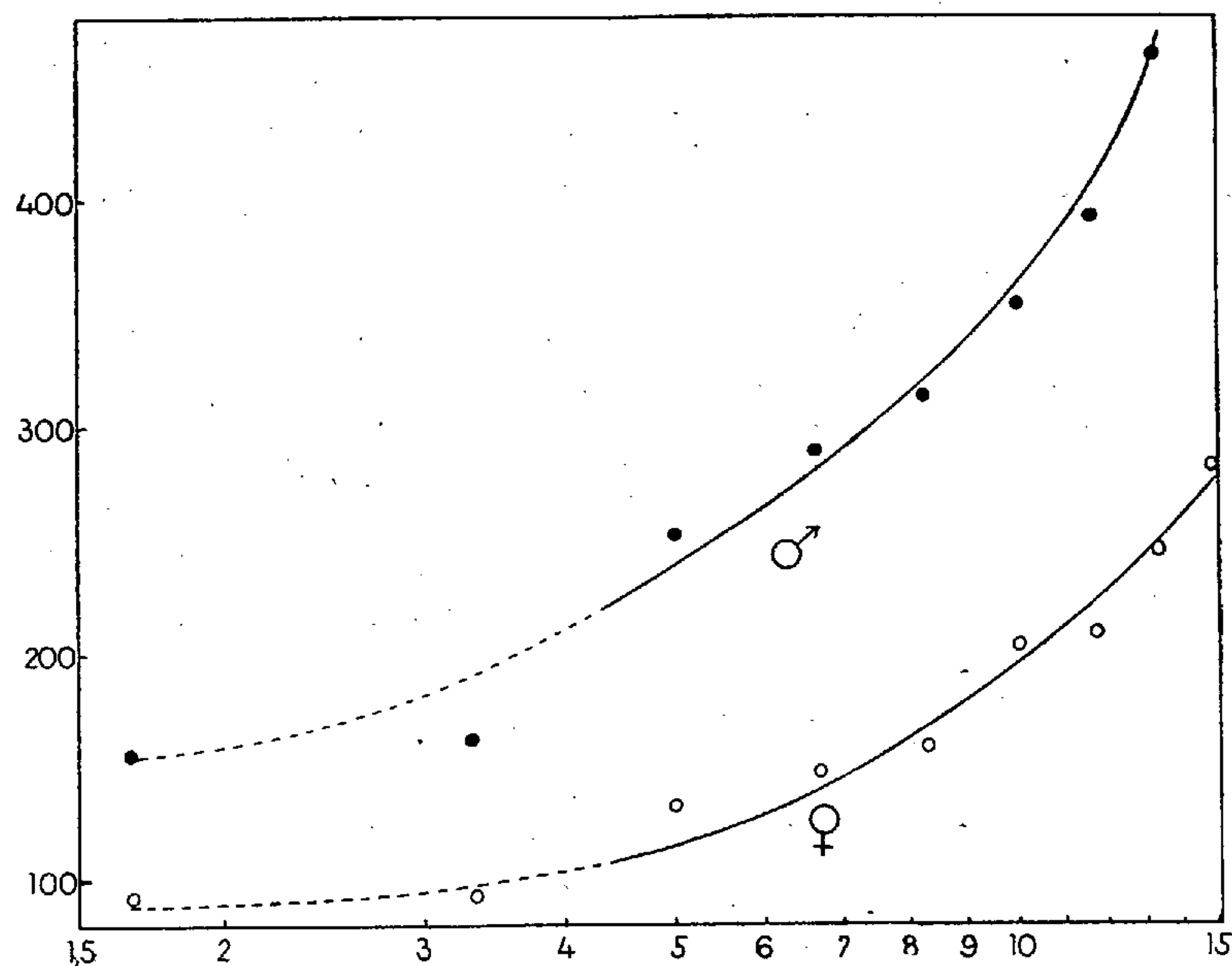
GÉNÉTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Relation entre la concentration de l'extrait de* Calliphora *et le nombre de facettes dans l'œil du mutant Bar de* Drosophila melanogaster. Note (1) de MM. **Simon Chevais** et **Arthur G. Steinberg**, transmise par M. Maurice Caullery.

L'élevage des larves de Drosophile sur un milieu contenant de l'extractif azoté de larves de *Calliphora* montre que l'on peut agir sur la pigmentation des yeux des mouches, grâce à la présence, dans cet extractif, d'une hormone spécifique (*substance* v^+) (2).

(1) Séance du 25 juillet 1938.

(2) G. W. Beadle et L. W. Law, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 37, 1938, p. 621; Y. Khouvine et B. Ephrussi, *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1937, p. 885.

On a montré, d'autre part ([3]), que l'on pouvait agir sur le nombre des facettes des yeux des mouches portant la mutation *Bar* ([4]), en les élevant sur le même milieu. Ce résultat a conduit à supposer la présence, dans cet extrait, d'une *substance morphogénétique* formatrice de facettes.



Pour préciser le mode d'action de cette substance hypothétique, plusieurs expériences ont été réalisées. Nous donnons ici les résultats d'une expérience au cours de laquelle on a élevé des larves de mouches *Bar* sur des milieux de concentrations variées en extrait de *Calliphora*. Les larves ont été récoltées au moment de leur éclosion de l'œuf, et gardées ensuite sur le milieu normal d'élevage jusqu'à la quarante-deuxième heure après l'éclosion. On les a alors réparties en plusieurs lots, transportés aussitôt sur les différents milieux, où ils sont laissés jusqu'à l'éclosion des mouches. La température a été, durant tout le temps de l'expérience, de $25° \pm 0,2°C$.

Le tableau ci-contre donne la moyenne du nombre des facettes pour

([3]) B. Ephrussi, Y. Khouvine et S. Chevais, *Nature*, **141**, 1938, p. 204.

([4]) La mutation *Bar* est caractérisée par un nombre réduit de facettes, qui, dans notre stock, est de 84 chez les ♂♂ et de 72 chez les ♀♀, en moyenne. Les mouches du type sauvage ont environ 750 facettes.

les différents lots. Ces résultats sont reportés dans la courbe ci-dessus, où les concentrations sont portées en abscisses (coordonnées logarithmiques) et le nombre de facettes en ordonnées (coordonnées arithmétiques).

Concentration (pour 100).	♂♂. Nb. de facettes.	n.	♀♀. Nb. de facettes.	n.
1,7	155,7	20	92,3	29
3,3	162	22	93	30
5,0	251,6	24	132,2	25
6,7	289	25	147,9	20
8,3	312,8	23	159,1	17
10,0	354,3	12	203,1	22
11,7	391,6	19	209	23
13,3	463,7	18	245,1	15
15,0	—	—	283,1	11

Les chiffres du tableau montrent que le nombre des facettes est d'autant plus grand que la concentration est plus forte, et, d'après la forme de la courbe, il semble que la relation qui existe entre le nombre des facettes et la concentration est d'une forme simple. Les chiffres donnés et la variabilité à l'intérieur des différents lots ne permettent pas de préciser, pour le moment, cette relation, surtout dans les basses concentrations. Aussi avons-nous tracé les courbes en pointillé dans leur portion inférieure. Il est possible que, dans cette région, il se superpose à l'action de la substance supposée un autre phénomène, qui modifierait cette portion de la courbe.

On voit aussi que la courbe des femelles part d'un point plus bas et que sa pente est plus faible que celle des mâles. On sait, d'autre part, que les femelles *Bar* ont un nombre de facettes moindre que les mâles. Ce fait ne suffit cependant pas à expliquer la différence à l'origine des courbes, ni celle qui existe entre les pentes des deux courbes.

La limite supérieure des concentrations a été imposée par la toxicité de l'extrait. Dans un lot élevé à une concentration de 16,7 pour 100, aucune éclosion n'a pu être obtenue. On voit, d'autre part, que les deux courbes ne présentent aucun signe d'inflexion. On peut donc supposer qu'avec un extrait plus purifié et une concentration plus forte, on pourrait obtenir un nombre de facettes voisin de celui de la mouche sauvage.

La séance est levée à 15h30m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUILLET 1938. (*Suite et fin.*)

F. MESNIL †, CH. PÉRARD et A. PROVOST : *Recherches expérimentales sur un trypanosome des ruminants de la Martinique.* — J. COLAS-BELCOUR : *Note sur* Trypanosoma viennei *Lavier* 1921 = Tr. Guyaneux *Leger et Vienne* 1919. — E. ROUBAUD, J. COLAS-BELCOUR et H. GASCHEN : *Le Trypanosome des Antilles,* Trypanosoma viennei *a-t-il perdu l'aptitude à évoluer chez les Glossines?* in *Bulletin de la Société de Pathologie exotique*, tome 31, séance du 11 mai 1938, n° 5. Paris, Masson et Cie, 1 fasc. 24cm.

La durée d'insolation et la nébulosité de Nice et du littoral méditerranéen, par LADISLAS GORCZYNSKI. Extrait des *Annales de l'Office météorologique de la ville de Nice*, tome III. Nice, Imprimerie de l'Éclaireur de Nice, 1935; 1 vol. 27cm.

Guyton Morveau. Chimiste et conventionnel (1737-1816), par GEORGES BOUCHARD. Paris, Librairie Académique Perrin, 1938; 1 vol. 20cm,5.

La parthénogenèse des vertébrés, par JEAN ROSTAND, in *Actualités scientifiques et industrielles*, 651, *Biologie et reproduction*, fasc. 1. Paris, Hermann et Cie, 1938; 1 vol. 25cm,5 (présenté par M. M. Caullery).

Muséum d'histoire naturelle, *Mission scientifique de l'Omo* 1932-1933. Tome 1. *Géologie-Anthropologie*, publié sous la direction de C. ARAMBOURG. Fasc. I. Paris, Paul Lechevalier et fils, 1935; 1 vol. 28cm,5.

Les tumeurs des articulations, des gaines tendineuses et des bourses séreuses, par J. SABRAZÈS, R. DE GRAILLY, avec la collaboration de J. MONTPELLIER et H. DUBOUCHER in *Archives de la Fondation Bergonié*, vol. II. Paris, Baillière et fils, 1937; 1 vol. 28cm.

Rapport sur les dosages et essais effectués sur l'eau de Bischwiller (Bas-Rhin), par G. HIRTZ et R. PIOGER. Extrait des *Annales du Ministère de l'Agriculture. Direction des eaux et du génie rural*, fasc. LXVI. Paris, Imprimerie nationale, 1937; 1 vol. 28cm,5 (Présenté par M. L. Cayeux).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 AOUT 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOMÉTRIE. — *Sur l'équivalence des polyèdres réguliers.* Note [1] de M. **Henri Lebesgue**.

Deux polyèdres P et P′, ou deux systèmes de polyèdres, sont dits équivalents s'ils peuvent être considérés comme formés des mêmes morceaux polyédraux, en nombre fini, disposés de deux façons différentes. Il est clair que, pour que P et P′ soient équivalents, il faut qu'ils aient le même volume; mais ceci ne suffit pas, comme l'a prouvé M. Dehn. D'après cet auteur, si les arêtes et les dièdres de P et P′ sont désignés par l_i, l'_j, d_i, d'_j, à toute solution rationnelle L_i, L'_j du système complet des équations linéaires homogènes à coefficients entiers, que vérifient les l_i, l'_j, doit correspondre un nombre rationnel R, tel que l'on ait

$$\Sigma L_i d_i - \Sigma L'_i d'_j = R\pi,$$

pour qu'il puisse y avoir équivalence entre P et P′.

Les seules applications de ce résultat sont, à ma connaissance, celles, dues à M. Bricard et à M. Dehn, relatives au cas où P est un tétraèdre régulier et P′ un cube et au cas où, P étant un tétraèdre régulier, P′ est formé de deux tels tétraèdres. Dans mon Cours de l'an passé j'ai donné de nouvelles applications à des cas où P et P′ sont tous deux constitués de polyèdres réguliers.

Si les dièdres des cinq polyèdres réguliers (tétraèdre, hexaèdre etc.) sont représentés par T, H, O, D, I, on montre aisément qu'il n'y a entre

---

[1] Séance du 22 août 1938.

eux et π que les relations

$$T + O = \pi, \qquad 2H = \pi,$$

et leurs conséquences qui soient linéaires et à coefficients entiers.

Partant de là et du fait que les L_i, L'_j peuvent être supposés proportionnels sinon aux l_i, l'_j, du moins à des nombres aussi voisins qu'on le veut des l_i, l'_j, on voit facilement que, si $\mathcal{T}, \mathcal{O}, \mathcal{D}, \mathcal{I}; \mathcal{T}', \mathcal{O}', \mathcal{D}', \mathcal{I}'$ représentent les longueurs totales des arêtes des tétraèdres, octaèdres, dodécaèdres, icosaèdres constituant P et P', pour l'équivalence on doit avoir

$$\mathcal{T} - \mathcal{O} = \mathcal{T}' - \mathcal{O}', \qquad \mathcal{D} = \mathcal{D}', \qquad \mathcal{I} = \mathcal{I}'.$$

D'où des énoncés plus particuliers comme ceux-ci : *Deux polyèdres réguliers ne sont équivalents que s'ils sont égaux. Un polyèdre régulier* P *ne peut être transformé par équivalence en un nombre fini de polyèdres réguliers p_i semblables entre eux que si tous les polyèdres* P *et p_i sont des cubes.*

Les conditions d'équivalence trouvées sont satisfaites pour le cas où, P étant un polyèdre régulier, P' serait formé : 1° de polyèdres semblables à P et dont la longueur totale des arêtes est celle de P, 2° de cubes, de tétraèdres et d'octaèdres; les longueurs totales des arêtes de ces tétraèdres et de ces octaèdres étant égales. Si P est un cube, les polyèdres du 1° peuvent faire défaut. Je me suis demandé s'il existait effectivement de tels systèmes P' équivalents à P. La réponse est positive si P est un tétraèdre, un cube ou un octaèdre; j'ignore ce que l'on doit répondre quand P est un dodécaèdre ou un icosaèdre.

En étudiant cette question j'ai rencontré un fait curieux, d'ailleurs très facile à apercevoir, c'est que les *seuls* polyèdres réguliers qui peuvent être subdivisés, disséqués en polyèdres réguliers sont les tétraèdres, les cubes et les octaèdres et que les *seules* subdivisions dont ils soient susceptibles s'obtiennent comme il suit : On divise toutes les arêtes du polyèdre primitif P en un même nombre de parties égales; par les points de division on mène des plans parallèles aux faces; on obtient ainsi des petits cubes si P est un cube, des petits tétraèdres et des petits octaèdres si P est un tétraèdre ou un octaèdre; enfin, par suppression de certaines faces, on groupe ces petits polyèdres partiels en cubes plus gros, dans le premier cas, en tétraèdres et octaèdres plus gros dans le second.

Ainsi, dans les seules subdivisions possibles, les polyèdres partiels ont leurs faces parallèles à celles du solide primitif et *les arêtes de tous les polyèdres partiels sont commensurables avec l'arête du polyèdre primitif.*

Au moment où les conditions de commensurabilité, rencontrées tout

d'abord par les chimistes, les cristallographes sous la forme de lois de rapports simples, tendent, avec la théorie des quanta, à prendre un caractère de grande généralité, il convient peut-être de signaler que de pareilles conditions de commensurabilité s'introduisent aussi, naturellement et nécessairement, dans des questions de géométrie pure. Celle qui vient d'être indiquée, relative à la géométrie dans l'espace a, bien entendu, son analogue en géométrie plane; dans l'une comme dans l'autre de ces géométries la remarque faite est généralisable; par exemple, on notera qu'un rectangle ne peut être subdivisé en carrés que si ses côtés sont commensurables entre eux et ils sont alors aussi commensurables avec les côtés des carrés partiels.

MÉTÉOROLOGIE. — *Méthode de calcul des coefficients caractérisant le trouble atmosphérique. Variations de ce trouble au voisinage de Shanghaï.* Note (¹) de M. **Pierre Lejay.**

I. Supposons tout d'abord avec Angström qu'il existe dans l'air une dimension de particules diffusantes prépondérante; soient β/λ^a le coefficient d'absorption correspondant (a est 0,5 pour les gros sables de 3^μ; 4 pour les dimensions moléculaires); β, le nombre de poussières par centimètre cube.

Soient i_λ l'énergie reçue au sol par le couple de notre spectrographe (²) entre les longueurs d'onde λ et $\lambda + d\lambda$; I_λ l'énergie hors de l'atmosphère; k_λ le facteur de transmission du spectrographe; α/λ^4 le coefficient d'absorption correspondant à la diffusion moléculaire; ε celui des poussières de grande dimension par rapport à la longueur d'onde; δ et x le coefficient d'absorption et l'épaisseur effective de l'ozone; on a, hors des bandes d'absorption des autres gaz,

$$\log i_\lambda = \log k_\lambda + \log I_\lambda - \left(\frac{\alpha}{\lambda^4} + \frac{\beta}{\lambda^a} + \varepsilon + \delta x\right) \sec z. \tag{1}$$

Prenons un certain nombre de spectres par ciel pur, à diverses distances zénithales z du Soleil; lisons, pour les longueurs d'onde $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \ldots, \lambda_n$, les élongations du galvanomètre qui mesurent i_λ en unités arbitraires; portons sur un graphique, pour chaque λ, ces valeurs en fonction de $\sec z$; extrapolons la droite jusqu'à $\sec z = 0$; appelons A_λ l'ordonnée pour $z = 0$;

(¹) Séance du 28 février 1938.

(²) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 585, et *Zi-Ka-Wei, Notes de Météorogie physique*, fasc. VII.

les équations (1) deviennent

$$\frac{\beta}{\lambda^a} + \varepsilon = (A_\lambda - \log i_\lambda)\cos z - \frac{\alpha}{\lambda^4} - \delta x.$$

Le second membre ne renferme que des quantités connues ou mesurables par ailleurs. Posons donc

$$(2) \qquad \frac{\beta}{\lambda^a} + \varepsilon = B_\lambda.$$

Portons sur un second graphique les points représentatifs de $B_\lambda - \varepsilon$, en fonction de $1/\lambda$. Nous mesurons les énergies de 0,4 à 1^μ,9; de 2,5 à 0,5 pour $1/\lambda$. Les points s'alignent sur une courbe peu incurvée qu'on peut extrapoler jusque $1/\lambda = 0$; l'ordonnée à l'origine est ε.

Reportons la valeur trouvée dans les équations (2), écrites

$$\log\beta - a\log\lambda = \log(B_\lambda - \varepsilon).$$

Sur un troisième graphique (papier logarithmique) les valeurs de $\log(B_\lambda - \varepsilon)$ en fonction de $\log\lambda$ doivent se trouver sur une même droite dont la pente est a et dont l'ordonnée pour $\lambda = 1$ ($\log\lambda = 0$) est β.

Lorsqu'on a déterminé une fois pour toutes les valeurs de A_λ, à une époque déterminée, et qu'on a construit le tableau de leurs valeurs à toute époque de l'année (en ajoutant à la valeur trouvée le double de la différence des log de la distance de la Terre au Soleil aux deux époques), toutes les opérations se résument en quelques additions et dans le fait de placer des points sur des graphiques préparés et se font en quelques minutes.

II. Les mêmes procédés seraient applicables s'il existait plusieurs groupes de particules : on arriverait à des équations (2) de la forme

$$\frac{\beta_1}{\lambda^{a_1}} + \frac{\beta_2}{\lambda^{a_2}} + \ldots + \frac{\beta_n}{\lambda^{a_n}} = B_\lambda - \varepsilon,$$

qu'on peut résoudre facilement en donnant aux $a_1, a_2, \ldots, a_n$ des valeurs fixes, arbitraires, de 0,5 à 3 par exemple [1].

Ce travail n'est pas justifié si les $\log(B_\lambda - \varepsilon)$, déterminés indépendamment de toute hypothèse, s'alignent sur une droite en fonction de $\log\lambda$.

Or *tel est le cas général.* Dans les autres cas, il serait illusoire de vouloir faire passer dans leur voisinage une courbe régulière, comme cela devrait être si $\log(B_\lambda - \varepsilon)$ représentait le log d'une somme de coefficients. La dispersion des points est due évidemment à des variations de ε au cours des enregistrements (passage de brumes).

---

(1) H. Vexler, *Transactions Amer. Geophys. Union,* 1933, p. 99.

III. Pour diminuer le nombre de ces cas, où la précision obtenue pour ε, a et β est ainsi rendue médiocre, nous avons établi un dispositif automatique qui permet d'enregistrer en quelques secondes les énergies en huit longueurs d'onde déterminées : la fente mobile qui explore le spectre est arrêtée successivement par des butées. La rapidité de chaque expérience réduit d'autant les possibilités de changement de l'état du ciel et augmente considérablement la précision des résultats.

Les valeurs obtenues pour les coefficients du trouble atmosphérique sont données dans le tableau ci-dessous. Malheureusement, en raison des circonstances, les déterminations des valeurs de A pour le spectrographe modifié, après avril 1937, ne pourront être réduites que plus tard. Des premières valeurs (novembre 1936-mars 1937), il n'a pas été possible de tirer de conclusions positives au point de vue géophysique.

Date.	ε.	β.	a.	Date.	ε.	β.	a.
5 nov. 1936...	0,080	0,017	1,11	11 janv. 1937...	0,034	0,018	0,88
8 » ...	0,041	0,005	0,38	12 » ...	0,035	0,054	1,05
12 » ...	0,024	0,010	1,22	13 » ...	0,038	0,026	1,20
16 » ...	0,059	0,026	1,15	26 » ...	0,022	0,019	1,08
21 » ...	0,042	0,016	1,26	2 févr. 1937...	0,000	0,031	1,58
22 » ...	0,060	0,014	1,42	3 » ...	0,013	0,025	1,03
24 » ...	0,030	0,039	1,28	4 » ...	0,012	0,019	1,09
28 » ...	0,029	0,007	1,63	5 » ...	0,023	0,036	1,41
9 » ...	0,030	0,012	1,40	15 » ...	0,020	0,019	1,13
1 déc. 1936...	0,110	0,067	1,20	17 » ...	0,030	0,029	1,04
3 » ...	0,050	0,017	1,50	18 » ...	0,015	0,019	1,12
4 » ...	0,040	0,022	1,37	19 » ...	0,085	0,018	0,93
26 » ...	0,010	0,052	1,18	26 » ...	0,052	0,018	1,08
27 » ...	0,011	0,030	1,18	4 mars 1937...	0,090	0,015	0,96
28 » ...	0,010	0,062	1,09	5 » ...	0,025	0,010	0,53
2 janv. 1937...	0,018	0,041	1,02	9 » ...	0,064	0,049	1,00
3 » ...	0,030	0,009	0,62	26 » ...	0,046	0,021	0,79
10 » ...	0,028	0,024	1,26				

Par contre, du fait que les valeurs de $\log(B_\lambda - \varepsilon)$ sont, en général, fonction linéaire de $\log\lambda$, nous pouvons tirer une conclusion intéressante : comme il a été vu, on peut en déduire que le coefficient d'absorption a bien la forme proposée par Angström : les coefficients ε, β et a caractérisent bien le trouble atmosphérique, et *aucune autre expression que celle d'Angström ne peut représenter l'absorption correctement.* De plus, de ces mesures, faites avec une grande dispersion et en distinguant, mieux qu'on ne le fait d'ordinaire, les diverses causes d'absorption dans l'atmosphère, on

déduit une justification de l'hypothèse, faite par Angström, d'une dimension de particules prépondérante ou, tout au moins, on déduit que tout se passe, au point de vue de l'absorption, comme s'il y avait dans l'air une dimension de particules prépondérante, fait curieux que beaucoup de géophysiciens, et nous-même, avions quelque peine à admettre.

NOMINATIONS.

MM. **H. Vincent** et **L. Martin** sont désignés pour représenter l'Académie à la *Semaine internationale contre le Cancer*, organisée par l'Union internationale contre le Cancer, pour l'automne 1938.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Topobibliographie de la France par Maurice Duportet, avec la collaboration de : Henri Fougerol, J. Joussain du Rieu, René Vallet. *Indre*.

ALGÈBRE. — *Sur les séries de puissances univalentes dans le cercle unité.* Note [1] de M. **Alfred Rosenblatt**.

1. Considérons la fonction holomorphe impaire et univalente dans le cercle unité

$$f(z) = z + a_3 z^3 + \ldots + a_{2n+1} z^{2n+1} + \ldots. \tag{1}$$

Posons, avec MM. Grandjot et Szegö,

$$\begin{aligned} g(z) &= \{f(z^{-2})\}^{-\frac{1}{2}} \\ &= z(1 + a_3 z^{-4} + \ldots + a_{2n+1} z^{-4n} + \ldots)^{-\frac{1}{2}} = z + \frac{b_3}{z^3} + \ldots + \frac{b_{4n-1}}{z^{4n-1}} + \ldots. \end{aligned} \tag{2}$$

[1] Séance du 27 juin 1938.

On a l'inégalité de M. Bieberbach

(3) $$\sum_{1}^{\infty}(4n-1)\,|b_{4n-1}|^2 \leqq 1.$$

On a aussi l'égalité

(4) $$f(z) = z\{1 - 2(b_3 z^2 + b_7 z^4 + \ldots + b_{4n-1} z^{2n} + \ldots) + 3(b_3 z^2 + \ldots)^2 - \ldots\}$$

qui conduit aux relations suivantes :

(5) $$\begin{cases} a_3 = -2b_3, \quad a_5 = -2b_7 + 3b_3^2, \quad a_7 = -2b_{11} + 6b_3 b_7 - 4b_3^3, \\ a_9 = -2b_{15} + 3b_7^2 + 6b_3 b_{11} - 12 b_3^2 b_7 + 5b_3^4, \quad \ldots \end{cases}$$

Posons $\beta_n = |b_n|$,

$$f_3 = 2|\beta_3|, \quad f_5 = 2\beta_7 + 3\beta_3^2, \quad \ldots,$$
$$\varphi_{2n+1} = 3\beta_3^2 + \ldots + (4n-1)\beta_{4n-1}^2 - 1,$$
$$F_{2n+1} = f_{2n+1} - \lambda\varphi_{2n+1} \qquad (n = 1, 2, \ldots),$$

On a, pour les maxima des β_i, les relations

(6) $$\frac{\partial F_{2n+1}}{\partial \beta_3} = 0, \quad \ldots, \quad \frac{\partial F_{2n+1}}{\partial \beta_{4n-1}} = 0;$$

(7) $$\sum_{i,1}^{n}(4i-1)\beta_{4i-1}^2 - 1 = 0.$$

2. On sait (Levin) que l'on a

(8) $$|a_{2n+1}| < 2^{\frac{1}{4}}.3^{\frac{1}{2}}.e^{\frac{1}{2}} = 3,39\ldots;$$

(9) $$\text{Max}\,|a_5| = e^{-\frac{2}{3}} + \frac{1}{2} = 1,013\ldots \qquad \text{(Fekete-Szegö)};$$

(10) $$\begin{cases} \text{Max}\,|a_7| < 1,25, \quad \text{Max}\,|a_9| < 1,38, \quad \text{Max}\,|a_{11}| < 1,70, \\ \text{Max}\,|a_{13}| < 2,05, \quad \text{Max}\,|a_{15}| < 2,46, \quad \text{Max}\,|a_{17}| < 2,95 \qquad \text{(Levin)}. \end{cases}$$

Pour majorer $|a_7|$ nous avons les relations

(11) $$\begin{cases} \dfrac{\partial F_7}{\partial \beta_3} \equiv 6\beta_7 + 12\beta_3^2 - 6\lambda\beta_3 = 0, \qquad \dfrac{\partial F_7}{\partial \beta_7} \equiv 6\beta_3 - 14\lambda\beta_7 = 0, \\ \dfrac{\partial F_7}{\partial \beta_{11}} \equiv 2 - 22\lambda\beta_{11} = 0, \qquad 3\beta_3^2 + 7\beta_7^2 + 11\beta_{11}^2 - 1 = 0, \end{cases}$$

ce qui donne, en posant $\lambda^2 = x$, l'équation de troisième degré

(12) $$11\,319x^3 - 19\,943x^2 - 707x + 891 = 0.$$

Cette équation a une racine contenue entre 0 et 3/7 qui fournit $\beta_3 < 0$,

et une racine entre 1 et 2. Plus précisément, on a

(13) $$1,75 < x < 1,80.$$

On a

(14) $$f_7 = 2\frac{3+80x+77x^2}{33\lambda(7x+3)}.$$

Remplaçant dans le numérateur x par 1,80 et dans le dénominateur x par 1,75 et λ par 1,32 on trouve

$$f_7 < 2\frac{249,48+144+3}{33.1,32.15,25} = \frac{792,96}{664,29} = 1,193\ldots.$$

On arrive donc à l'inégalité

(15) $$|a_7| < 1,194.$$

3. En posant $t = z^2$

$$f^2(z) = z^2(1+a_3z^2+\ldots+a_{2n+1}z^{2n}+\ldots)^2 = \varphi(t) = t + c_2t^2 + c_3t^3+\ldots,$$

on trouve les relations

(16) $$\begin{cases} c_2 = 2a_3, \quad c_3 = 2a_5 + a_3^2, \quad c_4 = 2a_7 + 2a_3a_5, \\ c_5 = 2a_9 + a_5^2 + 2a_3a_7, \quad c_6 = 2a_{11} + 2a_3a_9 + 2a_5a_7, \\ c_7 = 2a_{13} + a_7^2 + 2a_3a_{11} + 2a_5a_9, \quad \ldots. \end{cases}$$

Les inégalités de M. Levin et l'inégalité (15) donnent de suite

(17) $$|c_4| < 4,416,$$
(18) $$|c_5| < 6,177,$$
(19) $$|c_6| < 8,582,$$
(20) $$|c_7| < 11,74,$$

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *L'addition des variables aléatoires définies modulo un.* Note [1] de M. **Paul Lévy**.

Définition. — Soit Γ une circonférence de longueur unité; soit X une variable aléatoire définie mod 1, représentant donc un point choisi au hasard sur Γ; soit X' celle des abscisses curvilignes du point X de Γ qui appartient à un intervalle semi-ouvert $(\xi, \xi+1)(\xi = x-0$ ou $x+0)$; soient μ' la

[1] Séance du 22 août 1938.

valeur probable de X′, σ'^2 celle de $(X'-\mu')^2$ et $\sigma' \geq 0$. Quand ξ varie, σ' admet un minimum $\sigma\{X\}$, qui est l'*écart type* de X.

Lois stables. — Si, X et Y étant indépendants, X, Y et X + Y dépendent de la même loi, cette loi est dite stable. Il n'y a pas d'autres lois stables que celles que l'on obtient en répartissant la probabilité d'une manière uniforme, soit sur Γ, soit entre les p valeurs multiples de $1/p$ (p entier positif).

L'équation intégrale qui exprime cette propriété admet d'ailleurs des solutions non monotones, donc non utilisables pour le calcul des probabilités, que nous avons étudiées dans un mémoire destiné à un autre Recueil et dont cette Note est le résumé.

Séries à termes aléatoires indépendants. — Soient X_n le $n^{\text{ième}}$ terme, S_n la somme des n premiers termes, $\sigma_n = \sigma\{X_n\}$. Si la série $\Sigma\sigma_n^2$ est convergente, on peut déterminer des constantes a_n telles que la série $\Sigma(X_n - a_n)$ soit presque sûrement convergente; si la série $\Sigma\sigma_n^2$ est divergente, chacune des séries $\Sigma(X_n - a_n)$ est presque sûrement divergente.

Pour une étude plus approfondie, il faut distinguer trois cas.

Premier cas. — La série $\Sigma\sigma_n^2$ est divergente, et il en est de même, quel que soit l'entier p, des séries analogues obtenues en considérant les X_n comme des variables définies mod $1/p$. Alors chacun des coefficients de Fourier de la loi de répartition de S_n tend vers zéro pour n infini (sauf le terme constant); la loi dont dépend S_n tend donc vers la répartition uniforme.

Deuxième cas. — La série $\Sigma\sigma_n^2$ est divergente, mais il existe un entier $p > 1$ tel que la série analogue relative au mod $1/p$ soit convergente. Alors il y a quasi-convergence (c'est-à-dire convergence, à une constante additive près qui peut varier avec n) vers une répartition de période $1/p$ (en général non uniforme, mais qui peut l'être).

Troisième cas. — La série $\Sigma\sigma_n^2$ est convergente. La somme $\Sigma(X_n - a_n)$ dépend alors d'une loi déterminée, et il y a évidemment quasi-convergence de la loi dont dépend S_n vers cette loi [qui peut avoir une période $1/p (p > 1)$, ou même être uniforme, mais seulement dans des cas particuliers].

Puissances d'une loi donnée (²). — Si, pour cette loi, il n'y a que p' valeurs possibles, correspondant à certains sommets d'un polygone régulier à p côtés (en prenant pour p la plus petite valeur possible), il y a

(²) Nous désignons ainsi les lois dont dépendent les sommes S_n, lorsque tous les X_n dépendent de la même loi donnée.

quasi-convergence de la loi dont dépend S_n vers la loi donnant la probabilité $1/p$ à chacun des multiples de $1/p$. *Dans tous les autres cas, il y a convergence vers la répartition uniforme.*

L'arithmétique des lois de probabilité sur Γ. — Pour que le produit de deux lois soit la répartition uniforme sur Γ, il suffit qu'un des deux facteurs soit cette répartition uniforme; cela n'est pas nécessaire. Pour qu'un produit admette une période $1/p$ (p entier > 1), il suffit qu'un facteur ait cette période; cela n'est pas nécessaire.

Dans le groupe des lois pour lesquelles toutes les valeurs possibles sont multiples de $1/p$, pour qu'un produit soit la répartition uniforme entre ces p valeurs, il suffit qu'un des facteurs soit cette répartition; cela est nécessaire si $p = 2$ ou 3, mais ne l'est pas si $p > 3$.

Il existe une théorie des *lois indéfiniment divisibles* analogue à celle relative aux variables aléatoires définies sur une droite ([3]). Ces lois forment un groupe, dont les éléments constitutifs sont la *loi de Laplace-Gauss enroulée*, la *loi de Poisson enroulée* (avec un paramètre u, *amplitude du saut*), et la *loi-unité* (ne comportant qu'une valeur possible). Le théorème d'unicité de la décomposition, à l'intérieur de ce groupe, est le même que dans le cas de la droite.

Les lois de Poisson enroulées, pour lesquelles u a les valeurs $1/p$, $2/p$, ..., $1 - 1/p$, sont les éléments d'un groupe, dans lequel chaque loi est définie par $p - 1$ exposants non négatifs $\theta_1, \ldots, \theta_{p-1}$. Il s'agit de lois pour lesquelles les valeurs possibles sont multiples de $1/p$. Une loi donnée, n'ayant que ces valeurs possibles, étant définie par les logarithmes de ses coefficients de Fourier A_ν, en l'identifiant avec une loi quelconque du groupe considéré, on obtient un système linéaire en $\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_{p-1}$, à déterminant non nul. Pour que l'identification soit acceptable, il faut et il suffit qu'aucun des A_ν ne soit nul et que les valeurs trouvées pour les θ_h soient non négatives.

Pour que la loi donnée soit indéfiniment divisible, il faut et il suffit que la condition précédente soit vérifiée, soit pour cette loi elle-même, soit pour une de celle que l'on en déduit par l'addition d'une constante multiple de $1/p$. Si $p = 2$, il faut et il suffit que les probabilités des deux valeurs possibles soient différentes.

([3]) Pour la théorie des intégrales à éléments aléatoires indépendants, il y a au contraire d'importantes différences indiquées dans le Mémoire que nous ne faisons que résumer.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur l'additivité de l'accumulatif.* Note de M. **Lelio I. Gama**.

1. Considérons une correspondance $[m, \gamma(m)]$ entre le point m variable dans un ensemble compact M d'un espace distancié, et un ensemble $\gamma(m)$, dont les éléments appartiennent aussi à une classe Γ métrique et compacte en elle-même. Nous représenterons par $\mathcal{A}_\gamma(m_0)$ l'accumulatif en m_0 de $\gamma(m)$ (¹).

2. *A tout voisinage (ouvert) $\mathcal{A}_\rho$ de l'accumulatif $\mathcal{A}_\gamma(m_0)$ ($\mathcal{A}_\rho$ étant obtenu par la construction C. M. avec rayon ρ), correspond un voisinage V_{m_0} tel que, pour tout $m \neq m_0$ pris dans V_{m_0}, $\gamma(m)$ soit entièrement contenu dans $\mathcal{A}_\rho$.*

Supposons, en effet, qu'il existe un sous-ensemble infini N de M, ayant m_0 pour point d'accumulation, et dont chaque élément n vérifie la relation

$$(\Gamma - \mathcal{A}_\rho)\gamma(n) \neq 0.$$

Posons $g(n) = (\Gamma - \mathcal{A}_\rho)\gamma(n)$; on a $g(n).\mathcal{A}_\rho = 0$, donc, $\mathcal{A}_\rho$ étant ouvert,

$$\mathcal{A}_\rho.\mathcal{A}_g(m_0) = 0. \qquad (1)$$

D'un autre côté, on a $g(n) \subset \gamma(n)$, d'où $\mathcal{A}_g(m_0) \subset \mathcal{A}_\gamma(m_0)$, et, par suite,

$$\mathcal{A}_g(m_0) \subset \mathcal{A}_\rho. \qquad (2)$$

(1) et (2) sont contradictoires, car $\mathcal{A}_g(m_0) \neq 0$. On doit en conclure que, dans un V_{m_0} suffisamment restreint, il ne peut y avoir qu'un nombre fini de points m vérifiant la relation $(\Gamma - \mathcal{A}_\rho)\gamma(m) \neq 0$.

3. Sphère d'inclusion. — D'après ce théorème, à tout voisinage $\mathcal{A}_\rho$ de $\mathcal{A}_\gamma(m_0)$ correspond une infinité de voisinages $V_{m_0}(\alpha)$ ayant cette propriété : si $m \neq m_0$ appartient à $V_{m_0}(\alpha)$, $\gamma(m)$ est entièrement contenu dans $\mathcal{A}_\rho$. La borne supérieure α_ρ des rayons α définit un voisinage maximum, qui sera dit la *sphère d'inclusion de $\gamma(m)$ dans $\mathcal{A}_\rho$.*

4. Oscillation uniforme. — Soit $M = \Sigma N$ une décomposition donnée,

(¹) G. Bouligand, *Mém. Soc. Roy. Sc. Liège*, 2ᵉ série, **33**, 1933, p. 67. Cette notion contient comme cas particulier *l'ensemble limite* considéré par nous (*Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 30). En cette page, à la deuxième ligne, *au lieu de* L'ensemble L des points appartenant à $E(x)$, *il faut lire* L'ensemble L des points appartenant à $\overline{E}(x)$.

finie ou infinie, de M en des sous-ensembles N, dont chacun a le point d'accumulation m_0. Sur chaque N, définissons un ensemble $g(m)$ par la condition d'y être identique à $\gamma(m)$. Les accumulatifs $\mathcal{A}_g(m_0)$ des $g(m)$ seront dits accumulatifs partiels de $\gamma(m)$. Soit α_ρ, $\rho > 0$, le rayon de la sphère d'inclusion d'un $g(m)$ dans le voisinage de rayon ρ, $\mathcal{A}(N, \rho)$, de l'accumulatif respectif, $\mathcal{A}_g(m_0)$. Alors nous dirons que $\gamma(m)$ a, au point m_0, une oscillation uniforme par rapport à l'ensemble des N, si, quel que soit $\rho > 0$, l'ensemble des α_ρ correspondant à la totalité des $g(m)$, a une borne inférieure *non nulle*, α_ρ^*. Le voisinage $\mathcal{V}_{m_0}(\alpha_\rho^*)$, désigné par S_ρ, sera dit sphère d'inclusion uniforme relative à ρ. Si l'on considère le voisinage de rayon ρ, A_ρ, de la *réunion* $\sum_N \mathcal{A}_g(m_0)$ des accumulatifs partiels, l'identité $A_\rho = \sum_N \mathcal{A}(N, \rho)$ fait voir, sous la condition d'uniformité, que, quel que soit $\rho > 0$, $\gamma(m)$ est entièrement contenu dans A_ρ pour tout $m \neq m_0$ pris dans S_ρ.

5. ADDITIVITÉ DE L'ACCUMULATIF. — *Pour une décomposition donnée, finie ou infinie,* $M = \Sigma N$, *on a, au point d'accumulation* m_0,

$$\mathcal{A}_\lambda = \sum_N \mathcal{A}_g,$$

pourvu que les deux conditions suivantes soient vérifiées : 1° la réunion $\sum_N \mathcal{A}_g$ *des accumulatifs partiels est un ensemble fini ou fermé; 2°* $\gamma(m)$ *a, au point* m_0, *une oscillation uniforme par rapport à l'ensemble des sous-ensembles* N.

$N \subset M$ entraîne $\mathcal{A}_g \subset \mathcal{A}_\gamma$, donc $\sum_N \mathcal{A}_g \subset \mathcal{A}_\gamma$. Il reste à montrer que, si le point λ n'est pas un élément de $\sum_N \mathcal{A}_g$, il n'appartient pas à $\mathcal{A}_\gamma$. Comme $\sum_N \mathcal{A}_g$ est fini ou fermé, sa distance à λ est > 0; on peut donc fixer un voisinage V_λ de λ et un voisinage A_ρ de $\sum_N \mathcal{A}_g$, tels que $V_\lambda A_\rho = 0$. Pour tout m pris dans S_ρ, on aura $V_\lambda \gamma(m) = 0$, car, pour un tel point, $\gamma(m)$ est entièrement contenu dans A_ρ. Il s'ensuit que λ n'est pas un élément de l'accumulatif $\mathcal{A}_\gamma$.

MAGNÉTISME. — *Le point de transition λ de la susceptibilité magnétique du protoxyde de manganèse* MnO. Note [1] de MM. **Henri Bizette, Charles F. Squire** et **Belling Tsaï**, transmise par M. Aimé Cotton.

Nous nous sommes proposé d'étendre aux très basses températures les mesures de Tyler [2] sur la susceptibilité magnétique du protoxyde de manganèse. La méthode utilisée est celle de de Hass, Wiersma et Kramers [3], avec le dispositif qui a déjà servi à deux d'entre nous [4] pour la mesure de la susceptibilité magnétique de l'oxyde azotique liquide. L'échantillon utilisé sous forme de poudre amorphe a été préparé avec grand soin en décomposant par la chaleur dans un courant d'hydrogène l'oxalate de manganèse.

Les mesures effectuées entre la température ordinaire et 127° K sont concordantes avec celles de Tyler, la courbe représentant la susceptibilité magnétique en fonction de la température a la même allure que celle d'un sel paramagnétique ordinaire jusqu'au point de transition λ qu'indique la chaleur spécifique [5] et l'étude des rayons X [6].

Les mesures s'écartent au contraire de celles de Tyler entre 110° K et 71° K, la susceptibilité diminuant avec la température comme l'indique la courbe ci-contre.

Pour différentes températures la susceptibilité a été étudiée en fonction du champ. Au-dessus de T^0_λ la susceptibilité χ est indépendante du champ H; au-dessous de T^0_λ la susceptibilité croît avec le champ. Si l'on pose $\chi = \chi_0 + \chi_1 H$, la force qui s'exerce sur l'échantillon est égale à

$$p = S\rho \left[\frac{\chi_0 (H^2 - h^2)}{2} + \frac{\chi_1 (H^3 - h^3)}{3} \right],$$

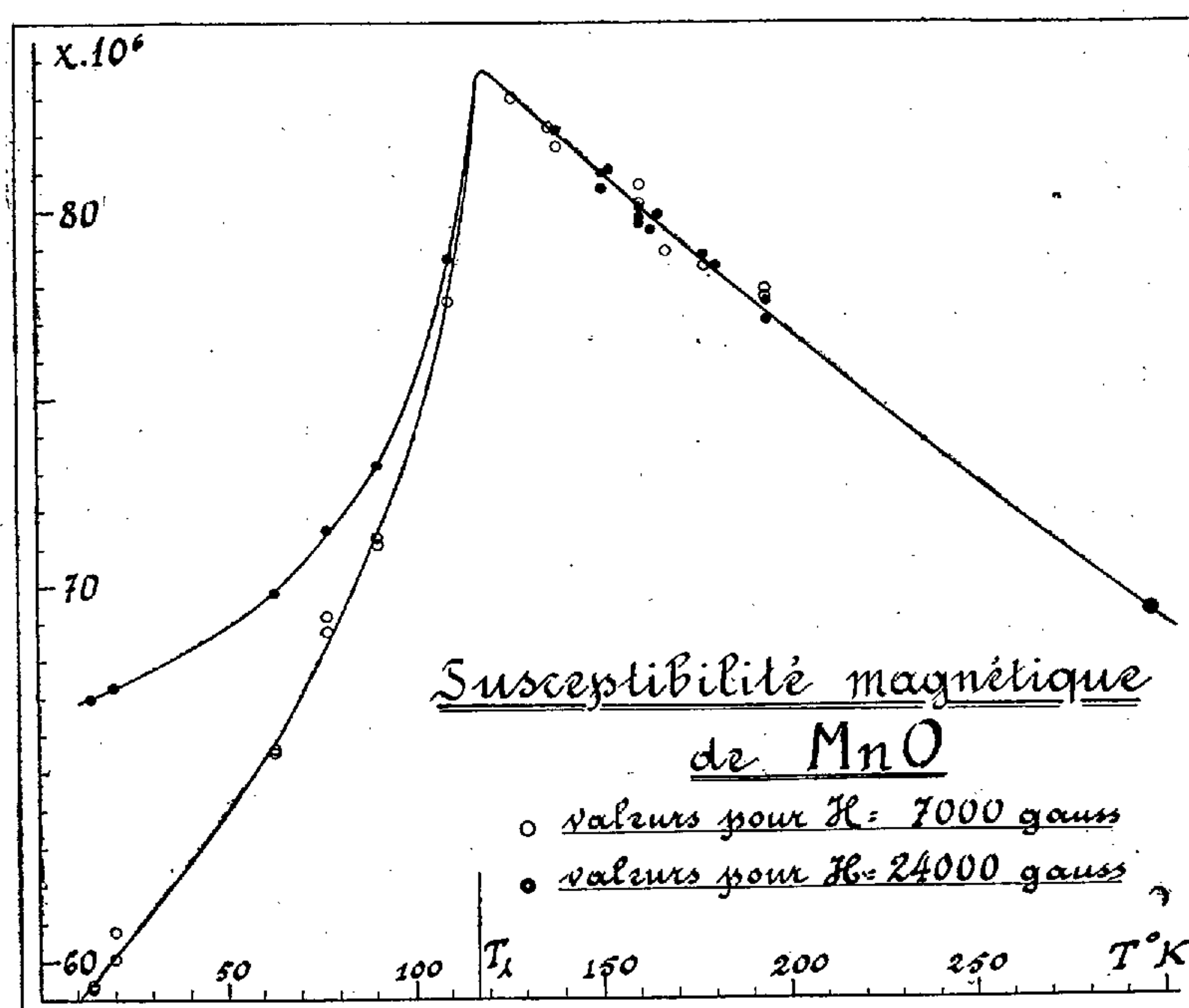
d'où l'on tire la valeur de χ indiquée sur la figure ci-après.

L'ion Mn^{++}, étant dans l'état ${}^6S$, n'a pas de moment angulaire orbital, le paramagnétisme est uniquement dû au spin. Au-dessus du point λ la susceptibilité obéit à la formule $\chi_M = C_M/(T - \theta)$ avec $C_M = 4{,}40$ et

(1) Séance du 22 août 1938.
(2) Tyler, *Physical Review*, 44, 1933, p. 776.
(3) *Physica*, 14, 1933, p. 1.
(4) H. Bizette et B. Tsaï, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1288.
(5) Millar, *J. Am. Chem. Soc.*, 50, 1928, p. 1875.
(6) Ruhemann, *Sow. Phys.*, 7, 1935, p. 590.

$\theta = -610°K$ ou $\chi_M = N\beta^2 . 4S(S+1)/3k(T-\theta)$ avec $S = 5/2$, le nombre de magnétons p_B étant égal à 5,95.

Pour expliquer les résultats obtenus au-dessous de T°_λ on peut songer à



appliquer la théorie classique de l'antiferromagnétisme ([7]), c'est-à-dire à faire intervenir les forces d'échange qui, au-dessous du point λ, deviennent si grandes que le spin cesse d'être libre. Au-dessus du point λ cette force d'échange s'évanouit et le cristal se dilate, d'où le point de transition observé dans la chaleur spécifique. Néanmoins on reste embarrassé par le fait que le prolongement de la courbe coupe l'axe des susceptibilités très au-dessus de l'origine des coordonnées.

RAYONS X. — *Nouvelles mesures dans les spectres* K *de l'arsenic* (33), *du sélénium* (34) *et du brome* (35). Note ([1]) de Mlle **Marie-Louise Allais**, transmise par M. Jean Perrin.

On trouvera ci-dessous les résultats d'une analyse fine des émissions de dipôle des spectres K du brome, du sélénium et de l'arsenic.

([7]) Bitter, *Phys. Rev.*, 54, 1938, p. 79.

([1]) Séance du 22 août 1938.

Les raies K les plus fortes d'une série d'éléments plus légers que l'arsenic ont été mesurées assez récemment à l'aide du spectromètre à deux cristaux ([2]); pour quelques-uns d'entre eux H. Hulubei et Y. Cauchois ont montré ([3]) ([4]) ([5]) que l'emploi d'un spectrographe à focalisation permet de progresser dans la connaissance de ces spectres : détection de nouvelles raies faibles ou résolution d'émissions très voisines.

Ayant pu disposer d'un spectrographe à mica courbé utilisé par transmission, je me suis attachée, en particulier, à résoudre le doublet KM_{II} KM_{III} ($\beta_1 \beta_3$) des éléments cités. La séparation $\beta_1 \beta_3$ a été faite depuis longtemps pour les éléments du numéro atomique supérieur à 36 ([6]), puis pour le krypton lui-même ([7]) et plus récemment par H. Hulubei et Y. Cauchois ([4]) pour le cuivre (29), le gallium et le germanium ([5]) au cours des travaux mentionnés.

J'ai utilisé les plans ($\bar{2}01$) d'un mica en deuxième ordre; pour le spectrographe, de 40^{cm} de diamètre employé, la dispersion est alors d'environ 5,9 u.x. par millimètre. Avec ce cristal la finesse des raies est suffisante pour que le doublet $K\beta_1 \beta_3$ des éléments étudiés soit en effet complètement résolu (la séparation des composantes est ici 0,5 u.x. environ).

Afin d'effectuer une mesure d'ensemble des trois spectres j'ai superposé aux émissions à étudier (en deuxième ordre) les spectres K des éléments suivants, simultanément excités : Fe et Mn (premier ordre); Rb (deuxième ordre); Rh, Ru et Mo (troisième ordre). Le brome était à l'état de KBr, le manganèse à l'état de MnO^2. Excitation cathodique sous 35 à 40 kV.

Pour le plan réticulaire interne, presque normal aux faces de la lame, employé ici, la correction de Bragg est négligeable. A la précision de mes mesures, c'est à dire au cent-millième, les nombres donnés par Edlen pour As, Se et Br $K\alpha_1$, α_2 sont bien cohérents avec les valeurs les plus récentes connues pour les longueurs d'onde $K\alpha$ de Ru, Rb (d'après Edlen *loc. citée*), Mo [d'après Larsson([8])] et Rh [d'après Elg([9])].

Avec les mêmes références j'ai obtenu pour les raies $K\beta$ de dipole des trois atomes étudiés les valeurs rapportées dans le tableau parallèlement à

([2]) J. A. BEARDEN et C. H. SHAW, *Phys. Rev.*, 48, 1935, p. 18.
([3]) H. HULUBEI, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 544.
([4]) H. HULUBEI, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 440.
([5]) Y. CAUCHOIS, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1359.
([6]) Voir le Traité de SIEGBAHN, *Spektroskopie der Röntgenstrahlen*, 2te Aufl., 1931.
([7]) Y. CAUCHOIS et H. HULUBEI, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 681.
([8]) A. LARSSON, *Phil. Mag.*, 7e série, 3, 1927, p. 1136.
([9]) S. ELG, *Zeits. f. Phys.*, 106, 1937, p. 315.

celles de Edlen. On y remarquera des écarts non négligeables pour certaines raies, ainsi qu'une détermination, pour la première fois je crois, des longueurs d'onde de $K\beta_3$ pour ces éléments. La dernière colonne du tableau indique les séparations des niveaux M_{II} et M_{III} d'une part, $N_{II,III}$ et M_{III} d'autre part, à l'aide des émissions observées.

		D'après Edlen.	D'après l'auteur.		
		$\lambda_{u.x.}$	$\lambda_{u.x.}$	ν/R.	$\Delta\nu/R$ à β.
(33) As	β_3.....	–	1055,64	863,24	— 0,42
	β_1.....	1055,099	1055,13	863,66	0
	β_2.....	1042,807 ([a])	1042,87	873,81	+10,15
(34) Se	β_3.....	–	990,62	919,90	— 0,46
	β_1.....	990,131	990,12	920,36	0
	β_2.....	997,912 ([a])	997,88	931,88	+11,52
(35) Br	β_3.....	–	931,34	978,45	— 0,51
	β_1.....	930,870	930,85	978,96	0
	β_2.....	918,528 ([a])	918,58	992,04	+13,08

([a]) Relativement à β_1.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur la structure interne du Globe et la genèse des Continents et des Océans.* Note ([1]) de M. **Alexandre Dauvillier.**

I. Daubrée a suggéré que les météorites pouvaient nous donner une idée de la structure interne du Globe. Utilisant les statistiques de Farrington se rapportant à près de 500 analyses chimiques, nous avons tenté de préciser cette relation et avons obtenu les résultats suivants :

Le noyau central de ferro-nickel (11 pour 100 Ni) représente les trois quarts de la masse totale et son volume est égal à celui de la scorie de silicates. Celle-ci a donc 1300^{km} d'épaisseur. L'étude de la radioactivité des roches et des météorites montre que ce noyau est cent fois moins actif que l'écorce terrestre. Celle-ci est alors seule responsable de la chaleur interne. Si l'on admet une température limite de 1200°C, le sima et le noyau sont enfermés dans un *four* isotherme de sial porté à cette température et, n'étant pas fondus, n'y sont soumis à aucune pression hydrostatique. La densité du noyau ($d = 8$) est alors constante dans toute sa masse. La densité moyenne du Globe, calculée d'après la statistique, est égale à 5,57 ([2]).

([1]) Séance du 22 août 1938.

([2]) Ce résultat s'accorde complètement avec celui obtenu par Éd. Roche en 1881 et basé sur des considérations mécaniques et astronomiques.

Si l'on attribue au sima la composition des météorites pierreuses, son épaisseur est de 1120km. Sa densité ($3,0 < d < 3,4$) et sa basicité décroissent à partir du noyau où elles sont maxima (péridot). Le sial restant a une épaisseur de 180km, sa densité ($2,8 < d < 3,0$) et sa basicité varient dans le même sens. On peut le schématiser par une écorce granitique acide de 60km d'épaisseur flottant sur le magma basaltique pâteux. Il y a probablement, en réalité, continuité entre le sial et le sima.

II. Pendant le refroidissement du Globe, l'écorce granitique, légère et réfractaire, s'est solidifiée la première. Le réseau polygonal disloqué, observé sur la Lune par P. Puiseux, peut avoir eu pour origine des tourbillons de Besnard. L'évolution du sial a eu la même histoire sur notre Globe et son satellite. Celui-ci présente une douzaine d'aires circulaires, uniformément déprimées de quelques kilomètres, totalisant le tiers de la surface visible, soit probablement les 2/3 de la surface totale. Ces *mers* bordées de fosses marginales et de remparts circulaires concentriques, possèdent des pitons centraux liés à des fractures radiales. Puiseux a montré que ces aires, d'abord soulevées par l'évolution chimique du magma, s'étaient fracturées, puis affaissées et partiellement recouvertes d'épanchements basaltiques. La réduction de volume correspond à la perte de composés volatils (B^2O^3, CS^2, NH^4Cl, etc.) et à la contraction du magma par refroidissement jusqu'à 1200°.

Or ces caractères sont exactement ceux de la surface terrestre. Ses deux niveaux principaux (+ 0km,8 et — 3km,7) sont bien connus et les fosses océaniques ont précisément la structure des mers lunaires.

La concordance est particulièrement remarquable pour le Pacifique. Cette aire circulaire, de rayon voisin de celui du Globe, est uniformément déprimée de 4 à 5km et possède des fosses marginales de profondeur double. La bordure a la même structure que les sillons annulaires internes (Philipines, Yap, Guam, Honolulu). Le soulèvement, suivi d'affaissement, s'est donc répété sur des aires décroissantes. L'épanchement basaltique a tellement noyé l'écorce granitique effondrée que la séismologie ne la retrouve plus.

Notre Globe, encore incandescent, possédait ainsi cinq *mers lunaires*, qui sont devenues les berceaux des Océans Pacifique, Indien, Atlantique Nord et Sud et Arctique. L'atmosphère était, à cette époque, formée d'hydrogène et d'hélium. La température s'abaissant, le reliquat d'hydrogène réduisit les oxydes des métaux ferreux du sial en formant de la vapeur d'eau qui, à sa température critique, s'est condensée en un océan érodant complètement

le relief *lunaire*. Notre satellite, ayant perdu tout son hydrogène (Stoney), n'a jamais possédé d'océans, donc jamais de vie organique, et a conservé ce relief.

Il s'est trouvé que le volume de cet océan était un peu moindre que celui des *mers*, soit 1/1000ᵉ de celui du Globe. La *panthalassa* de Suess n'a donc pu avoir lieu. Les fractures circulaires et radiales sont devenues le lieu de phénomènes volcaniques et sismiques, qui ont forgé un nouveau relief, comme le montrent la ceinture continue de volcans du Pacifique et le seuil Atlantique. Enfin, le recouvrement basaltique des fosses océaniques rend compte de la dissymétrie du magnétisme terrestre (Magnétarium de Wilde), et de la pesanteur sur les océans.

III. Cette conception aboutit donc à la théorie de la permanence (Willis) des continents et des océans et exclut la théorie de Wegener aussi bien que celle des hypothétiques *ponts continentaux* [3] disparus (Atlantide, Gondwana, etc). La dérive des socles continentaux, confinée à l'époque de la formation des *mers* n'a jamais excédé 30^{km} sur la Lune (Puiseux) et s'est bornée, sur la Terre, à des effets secondaires tels que le détachement de l'Arabie de l'Afrique ou du Groenland de l'Amérique. Mais, si les continents n'ont pu dériver les uns par rapport aux autres, toute l'écorce terrestre a pu, avec une extrême lenteur, dériver sur le magma vitreux, par rapport aux axes de rotation et géomagnétique. Ce mouvement, suivi par le renflement équatorial et dû aux forces lunisolaires, rend compte des variations de climat subies par les diverses régions du Globe et peut persister de nos jours.

Ces résultats, de même qu'une théorie statistique de l'apparition de la vie, seront développés dans un autre Recueil.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'échinochrome et le spinochrome.* Note [1] de M. **Edgar Lederer** et Mlle **R. Glaser**, transmise par M. Maurice Javillier.

I. *Échinochrome* est le nom donné par MacMunn [2] au pigment rouge des corpuscules de sang (elæocytes du liquide périviscéral) de l'oursin

(3) Ces *ponts* n'ont pu exister que selon les pourtours des *mers* comme, par exemple, entre l'Amérique du Sud et l'Australie, en suivant l'Antarctique.

(1) Séance du 8 août 1938.

(2) *Quart. Journ. Microsc. Sci.*, 25, 1885, p. 469.

Strongylocentrotus lividus. McClendon [3] découvrit le même colorant dans les œufs et la carapace de l'oursin *Arbacia punctulata*. Cannan [4] a trouvé qu'il possède un potentiel d'oxydo-réduction bien défini, et Vlès et Vellinger [5] en ont décrit les changements de couleur et de spectre d'absorption à différents pH; ils l'avaient extrait des œufs d'*Arbacia æquituberculata* et nommé arbacine.

Aucun de ces auteurs n'a eu cependant en main le pigment cristallisé.

Nous avons obtenu l'*échinochrome cristallisé* par la méthode suivante :

Les ovaires d'*Arbacia æquituberculata* Bl., colorés en violet foncé, cèdent facilement leur pigment à l'acétone aqueuse à 80 pour 100 acidifiée par 1 pour 100 d'acide acétique. On évapore l'acétone et agite le résidu aqueux avec de l'éther de pétrole qui ne dissout que peu de pigment. On reprend ensuite le pigment par l'éther éthylique; on lave cette solution à l'eau et en extrait l'échinochrome en l'agitant avec une solution aqueuse de bicarbonate de sodium, qui se colore en brun foncé. Après acidification on reprend l'échinochrome par l'éther, lave cette solution à l'eau et la sèche avec du sulfate de sodium. On la filtre ensuite à travers une colonne de carbonate de calcium qui adsorbe l'échinochrome sous forme d'une large zone brune. On sépare cette zone, dissout le carbonate de calcium avec de l'acide chlorhydrique dilué et reprend le pigment par l'éther. Après évaporation à sec le résidu se sublime dans le vide profond sous forme de cristaux rouge foncé étincelant. Le rendement des ovaires d'un animal est de 1 à $1^{mg},5$.

Propriétés physiques. — L'échinochrome cristallise de sa solution toluénique sous forme d'aiguilles rouge foncé fondant à 220°. Son spectre d'absorption présente trois bandes, situées à 526, 490, $456^{m\mu}$ (dans $CHCl^3$) et à 531, 495, $461^{m\mu}$ (dans CS^2). Les cristaux sont facilement solubles dans l'alcool, l'éther, l'acétone, peu solubles dans le toluène et le chloroforme à froid; insolubles dans l'éther de pétrole et dans l'eau.

Propriétés chimiques. — L'échinochrome ne contient ni azote, ni soufre, ni halogène. Sa formule brute est $C^{12}H^{10}O^7$ (calculé C °/₀ 54,12; H °/₀ 3,80; trouvé C °/₀ 54,46; 54,37; 54,32; H °/₀ 4,12; 3,99; 4,18; poids moléculaire calculé 266,1; trouvé 265,7). Quatre atomes d'hydrogène réagissent avec le réactif de Grignard (trouvé 4,02, 3,89 molécules de méthane). Deux de ces quatre atomes d'hydrogène sont acides. L'échinochrome se comporte en effet comme un acide dibasique (déterminé par titration potentiométrique). Comme il donne avec $FeCl^3$ une coloration verte, nous pensons que l'acidité n'est pas due à la présence de groupes carboxyles, mais plutôt de deux groupes phénoliques (ou éno-

(3) *Journ. Biol. Chem.*, 11, 1912, p. 435.
(4) *Biochem. Journ.*, 21, 1927, p. 184.
(5) *Bull. Inst. Océanogr.*, n° 513, 1928, p. 1; *Arch. Phys. Biol.*, 6, 1928, p. 239.

liques). Il n'y a pas de groupes alkoxyles; la méthode de Kuhn-Roth ([6]) indique la présence de deux groupes méthyles aromatiques (trouvé 1,23 molécule d'acide acétique).

L'échinochrome est instantanément réduit par l'hydrosulfite et se recolore rapidement à l'air, comme l'a déjà constaté Cannan ([4]).

II. *Spinochrome.* — A l'occasion d'un travail sur les caroténoïdes de *Strongylocentrotus lividus*, l'un de nous a obtenu à l'état cristallisé le pigment des épines violettes de cet oursin ([7]). Moore ([8]) mentionne un travail non publié de Stern qui a isolé des cristaux de ce pigment qu'il appelle échinorubine.

Nous avons trouvé que le pigment des épines violettes de *Strongylocentrotus lividus*, purifié par une méthode analogue à celle décrite ci-dessus, est un mélange d'au moins deux colorants que l'on peut séparer par adsorption chromatographique sur le carbonate de calcium. Une zone brune, inférieure, donne de l'*échinochrome* cristallisé; une zone bleu violet, supérieure, donne, après élution et sublimation dans le vide, un nouveau pigment que nous appelons *spinochrome*.

Propriétés physiques. — Le spinochrome cristallise à partir de l'éther sous forme de prismes violets, presque noirs, qui fondent vers 185° et présentent trois bandes d'absorption situées à 581, 538, 496$^{m\mu}$ (dans $CHCl^3$) et à 595, 548, 507$^{m\mu}$ (dans CS^2). Ils sont solubles dans les solvants organiques sauf l'éther de pétrole, insolubles dans l'eau.

Propriétés chimiques. — Le spinochrome ne contient ni azote, ni halogène, ni alkoxyle. Sa formule brute est $C^{12}H^{10}O^8$ (calculé C °/₀ 51,05; H °/₀ 3,58; trouvé C °/₀ 51,19; H °/₀ 3,72; poids moléculaire calculé 282,1; trouvé 270). Il y a 5 atomes d'hydrogène actif et le même nombre de groupes méthyle que dans l'échinochrome (trouvé 1,33 molécule d'acide acétique). Le spinochrome est, comme l'échinochrome, décoloré par l'hydrosulfite et se recolore à l'air.

Le résultat de ces analyses préliminaires permet de croire que le spinochrome dérive de l'échinochrome par la substitution d'un groupe hydroxyle à un atome d'hydrogène.

La séance est levée à 15^{h}10^m.

A. Lx.

([6]) Pregl-Roth, *Lehrbuch der Mikroanalyse*, 1937.

([7]) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 300; *Thèse doct. ès Sc.*, Paris, 1938; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 20, 1938, p. 567.

([8]) *Journ. Mar. Biol. Ass.*, 21, 1937, p. 711.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 SEPTEMBRE 1938.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès, survenu le 22 juillet 1938 à New-Haven, Connecticut, de M. **Ernest William Brown**, Correspondant pour la Section d'Astronomie.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Joseph Kenyon**, Membre de la *Royal Society of London*, qui assiste à la séance.

M. **M. Javillier** fait hommage à l'Académie d'une Notice intitulée *La Chimie agricole au Palais de la Découverte* (*Exposition Internationale Paris* 1937), qu'il a écrite en collaboration avec M. Désiré Leroux.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *L'enseignement de la Géologie à l'Université de Strasbourg avant* 1870, par Georges Dubois ;

2° *Liste alphabétique des Revues reçues à la Bibliothèque de la Société des Nations au* 1er *mai* 1938.

GÉOMÉTRIE. — *Nouvelle base pour le développement de la géométrie de Bolyai et Lobatchefski.* Note (¹) de M. **Karl Menger**, transmise par M. Élie Cartan.

D'après Bolyai et Lobatchefski, on suppose que les droites d'un plan passant par un point P et ne coupant pas une droite L (qui ne passe pas par P) forment un secteur angulaire dans le faisceau des droites par P. Les deux lignes extrêmes de ce secteur sont appelées les parallèles à L par P. Pour traiter le parallélisme introduit de cette façon (pour démontrer par exemple que, si L′ est parallèle à L, L est parallèle à L′ etc.) on se sert de l'ordre linéaire des points d'une droite et de l'ordre des droites d'un faisceau, cette dernière notion intervenant dans l'introduction même des parallèles.

J'ai démontré (²) qu'on peut dans la géométrie non euclidienne baser la notion de parallélisme et même les deux notions d'ordre sur les notions de joindre et de couper. Dans ce qui suit, je me propose de montrer qu'on peut définir aussi la congruence et la convergence au moyen de ces mêmes opérations. Nous obtenons donc le résultat suivant : *Toute la géométrie de Bolyai et Lobatchefski peut être basée sur des postulats concernant les opérations de joindre et de couper des objets géométriques (ces notions étant regardées comme primitives).*

Nous nous bornerons dans ce qui suit au cas d'un plan non euclidien. Celui-ci, d'après Cayley et Klein, admet une représentation par les points et les segments des lignes droites d'un plan euclidien à l'intérieur d'un cercle. Deux couples de points de la représentation correspondent à deux couples congruents s'ils déterminent le même rapport anharmonique avec les points d'intersection de leurs droites et du cercle. La généralisation de la théorie aux dimensions plus hautes ne présente que des difficultés secondaires.

Nous dirons que deux droites de notre plan sans point commun sont disjointes. Par *triangle asymptotique* nous entendrons un système de trois droites disjointes deux à deux tel que, par tout point de chacune d'elles,

---

(¹) Séance du 29 août 1938.

(²) Dans une Note sous presse dans le *Bulletin of the Amer. Mathem. Soc.*

il ne passe qu'une seule droite disjointe des deux autres droites. Dans le cercle de Klein un triangle asymptotique est un triangle dont les sommets sont situés sur la circonférence du cercle. Deux droites disjointes L_1 et L_2 seront appelées *parallèles* s'il existe une droite L_3 telle que L_1, L_2, L_3 forment un triangle asymptotique. Deux droites L_1 et L_2 parallèles à L seront appelées parallèles à L *de même sens* si elles sont parallèles entre elles. Les deux parallèles à la droite L par le point extérieur P sont les droites L′ et L″ passant par P, disjointes de L, et telles que chaque droite qui a un point en commun avec L a un point en commun avec au moins une des droites L′ et L″.

Comme l'on voit, l'idée essentielle de ces définitions est l'application de l'axiome de Pasch concernant les triangles finis du plan euclidien à certains triangles formés par des droites entières non euclidiennes, application dont la possibilité résulte par exemple du fait que les droites non euclidiennes admettent la représentation de Klein par des segments finis des droites euclidiennes dans un cercle.

Nous dirons que, des trois points colinéaires P_1, P_2, P_3, le point P_2 est *entre* P_1 et P_3 si pour deux parallèles L_1 et L_3 passant par P_1 et P_3 respectivement il n'existe qu'une seule droite passant par P_2 et disjointe de L_1 et L_3. Étant donnés trois points non colinéaires P_1, P_2, P_3 nous dirons que le point Q est *à l'intérieur du triangle* $P_1P_2P_3$ si Q n'est pas colinéaire avec deux des trois points mais si toute droite passant par Q contient au moins un point colinéaire avec deux des trois points et situé entre eux. Nous dirons que la suite Q_1, Q_2, ... *converge* vers Q si chaque triangle contenant Q à son intérieur contient à son intérieur tous les points de la suite à partir d'un d'entre eux.

Un couple de points P, Q d'une droite L est congruent à un autre couple de points situé sur une droite L′ disjointe de L et non parallèle à L si l'on peut dénoter les deux autres points par P′ et Q′ avec la condition suivante : soient H et J des parallèles à L de même sens par les points P′ et Q′ respectivement, et soient H′ et J′ les parallèles à L′ de même sens qui passent par P et Q respectivement et telles que H′ coupe H en un point R et que J′ coupe J en un point S; alors les points R et S sont colinéaires avec le point T d'intersection des droites K et K′, où K est la parallèle à L, L′ et J qui coupe J′, et K′ est la parallèle à L, L′ et J′ qui coupe J. Deux couples de points P, Q et P′, Q′ situés sur des droites L et L′ parallèles ou non disjointes sont congruents pourvu qu'il existe un couple P″, Q″ congruent

à P, Q et P′, Q′ et situé sur une droite L″ disjointe et non parallèle à L et L′.

Toutes les constructions indiquées sont formulées au moyen des opérations de joindre et de couper. Leur possibilité dans le plan non euclidien résulte aisément de sa représentation due à Klein. Par exemple étant données deux droites L, L′ disjointes et non parallèles et une droite H parallèle à L mais coupant L′, on voit que des deux parallèles à L′ passant par un point de L, une et une seule coupe H. On voit d'ailleurs que la définition des points entre P_1 et P_3 est indépendante du choix des parallèles L_1 et L_3 passant par P_1 et P_3. Pour développer toute la géométrie non euclidienne, on n'a donc qu'à formuler des hypothèses concernant les opérations de joindre et de couper d'où résultent la possibilité des constructions indiquées, l'indépendance des définitions mentionnées des entités arbitraires et les propriétés ordinaires des notions définies (parallèle, entre, congruent etc.) ([3]). Il serait intéressant de trouver un système *simple* de postulats avec les conséquences indiquées.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur une méthode de M. Volterra et un théorème de M. Dive relatif aux masses fluides.* Note ([1]) de M. **Rolin Wavre**, transmise par M. Élie Cartan.

En 1903, M. Volterra ([2]) démontrait que les figures d'équilibre des masses fluides hétérogènes ne peuvent pas être stratifiées en ellipsoïdes homothétiques. M. Volterra employait les formules du potentiel de l'ellip-

---

([3]) Après avoir esquissé en 1928 une fondation de la géométrie sur une algèbre des opérations de joindre et couper, nous avons donné en 1936 un système de postulats quasi algébriques commun aux géométries projectives, affines et non euclidiennes de toutes dimensions. On obtient la géométrie projective en ajoutant l'hypothèse de la non-existence de parallèles (cf. aussi notre Note des *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 308); la géométrie affine d'après M. F. Alt en ajoutant le postulat des parallèles d'Euclide; la géométrie de Bolyai et Lobatchefski en ajoutant les hypothèses mentionnées dans cette Note. La théorie projective a été indépendamment développée par M. G. Birkhoff dans ce qu'il appelle *theory of lattices*.

([1]) Séance du 29 août 1938.

([2]) V. Volterra, *Acta Mathematica*, 27, 1903, p. 105.

soïde, mais il indiquait en note une méthode plus simple, au moyen de laquelle M. Pizzetti établissait plus tard le même résultat.

Si φ est le potentiel du champ de la pesanteur, résultante de l'attraction et de la force centrifuge, on devra avoir, c'est bien connu,

$$\Delta\varphi = f(\varphi) \tag{1}$$

dans toute la masse fluide. L'on a d'ailleurs $\rho = \rho(\varphi)$, ρ étant la densité. Si l'on suppose les surfaces d'égale densité définies par une relation

$$F(x, y, z, \varphi) = 0, \tag{2}$$

en calculant $\Delta\varphi$ à partir de (2) par la théorie des fonctions implicites on mettra (1) sous la forme

$$\Delta F\left(\frac{\partial F}{\partial\varphi}\right)^2 - 2\frac{\partial F}{\partial\varphi}\sum\frac{\partial F}{\partial x}\frac{\partial^2 F}{\partial x\,\partial\varphi} + \frac{\partial^2 F}{\partial\varphi^2}\sum\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial\varphi}\right)^3 f(\varphi) = 0. \tag{3}$$

S'il est ensuite possible d'éliminer une des variables x, y, z, φ entre (2) et (3) l'on devra avoir une identité, par exemple :

$$G(x, y, \varphi) \equiv 0. \tag{4}$$

Ainsi se généralise la méthode de Volterra, permettant d'exclure certaines stratifications des figures d'équilibre des masses fluides.

Considérons maintenant le cas plus général des rotations barotropes ([3]) où la vitesse angulaire peut varier avec le carré λ de la distance à l'axe OZ de rotation. L'on a à la place de (1)

$$\Delta\varphi = f(\varphi) + \psi(\lambda).$$

L'on pourra de même exclure certaines stratifications par la méthode précédente en remplaçant f par $f + \psi$.

Or, considérant toujours les masses hétérogènes, M. Dive a énoncé le théorème suivant : *Une stratification en ellipsoïdes concentriques est impossible pour une rotation barotrope*. La démonstration de M. Dive, fondée sur les formules de l'attraction des ellipsoïdes, est extrêmement délicate. La méthode précédente permet par une voie élémentaire de réduire le problème à un autre très spécial et beaucoup plus simple.

([3]) R. Wavre, *Figures planétaires et géodésie*, 1932, p. 27 et suiv.

On partira de l'équation des ellipsoïdes mise sous la forme

$$\alpha(\varphi)\lambda + z^2 = h(\varphi).$$

L'équation (4) s'écrit alors

$$P_2(\lambda, \varphi) + (\alpha'\lambda - h')^2(f + \psi) \equiv 0,$$

P_2 étant un polynome de degré 2 en λ. En donnant à φ deux valeurs quelconques φ et φ_0 pour éliminer $\psi(\lambda)$ on trouve

$$P_2(\lambda, \varphi)(\alpha'_0\lambda - h'_0)^2 - P_2(\lambda, \varphi_0)(\alpha'\lambda - h')^2 = (f_0 - f)(\alpha'_0\lambda - h'_0)^2(\alpha'\lambda - h')^2.$$

Alors, pour la masse hétérogène, $f \neq f_0$, le second membre serait d'ordre 6 et le premier d'ordre 5 au plus. Il faut donc avoir $\alpha' = 0$, les ellipsoïdes seraient homothétiques.

La démonstration du théorème de M. Dive se trouve ainsi ramenée au cas particulier des ellipsoïdes homothétiques où elle présente moins de difficultés.

Le procédé précédent permettrait également de démontrer, sans calculer le potentiel, l'impossibilité d'une rotation barotrope d'une masse hétérogène avec une stratification de la forme

$$z^2 + a_0(\varphi) + a_1(\varphi)\lambda + \ldots + a_n(\varphi)\lambda^n = 0,$$

où a_n ne serait pas constant.

OPTIQUE. — *Étude expérimentale du photodichroïsme de la cyanine.* Note (1) de M. **Serge Nikitine**, transmise par M. Pierre Weiss.

J'ai proposé récemment une théorie du photodichroïsme (2) que j'ai développée en particulier pour les colorants qui pâlissent complètement à l'insolation (3), (4). Cette théorie permet de prévoir en détail un phénomène qui présente beaucoup d'analogie avec celui découvert par F. Weigert (5) en 1919. De plus, la théorie montre que l'étude expérimentale du photodichroïsme doit permettre d'obtenir des renseignements

(1) Séance du 29 août 1938.
(2) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 973.
(3) S. Nikitine, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1219.
(4) S. Nikitine, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 331.
(5) *Verh. D. Phys. Ges.*, **21**, 1919, p. 485.

sur le caractère anisotrope de l'absorption de la lumière par des molécules de colorants ([5]), ([6]). Les travaux antérieurs ayant été faits dans un ordre d'idées différent, j'ai entrepris une étude expérimentale pour me rendre compte si la théorie que j'ai proposée expliquait bien les faits expérimentaux et dans l'espoir d'obtenir des renseignements sur les oscillateurs virtuels associés à l'absorption. Je me propose de donner dans cette Note quelques détails sur les premiers résultats de cette étude ([7]).

J'ai étudié la cyanine qui pâlit complètement à l'insolation. Des lames de verre, recouvertes de collodion étaient colorées avec ce colorant et étaient, après séchage prolongé, insolées avec de la lumière blanche (lampe à spirale de tungstène) polarisée rectilignement. La mesure du dichroïsme qui apparaît après cette insolation était faite à 1 minute près par la méthode de A. Cotton et H. Mouton ([8]) en lumière monochromatique de longueur d'onde voisine de celle du maximum de la bande d'absorption de la cyanine dans le collodion. Les mesures d'absorption ont été faites pour cette même longueur d'onde.

Dans la description des résultats obtenus, je me servirai des notations des Notes théoriques ([2]), ([3]), ([4]). En premier lieu on constate que, comme le prévoit la théorie, $K_x < K_y$. La valeur du dichroïsme après une insolation donnée est fonction de K_0, valeur commune de K_x et K_y avant l'insolation. Pour rendre les résultats comparables j'ai calculé à partir de mes mesures la quantité $\Delta = (K_x - K_y)/K_0$. Pour une même insolation en lumière blanche, l'étude du dichroïsme en fonction de la longueur d'onde a montré que Δ en était à peu près indépendant. Ceci montre que le même oscillateur serait associé à l'absorption de toute la bande de la cyanine.

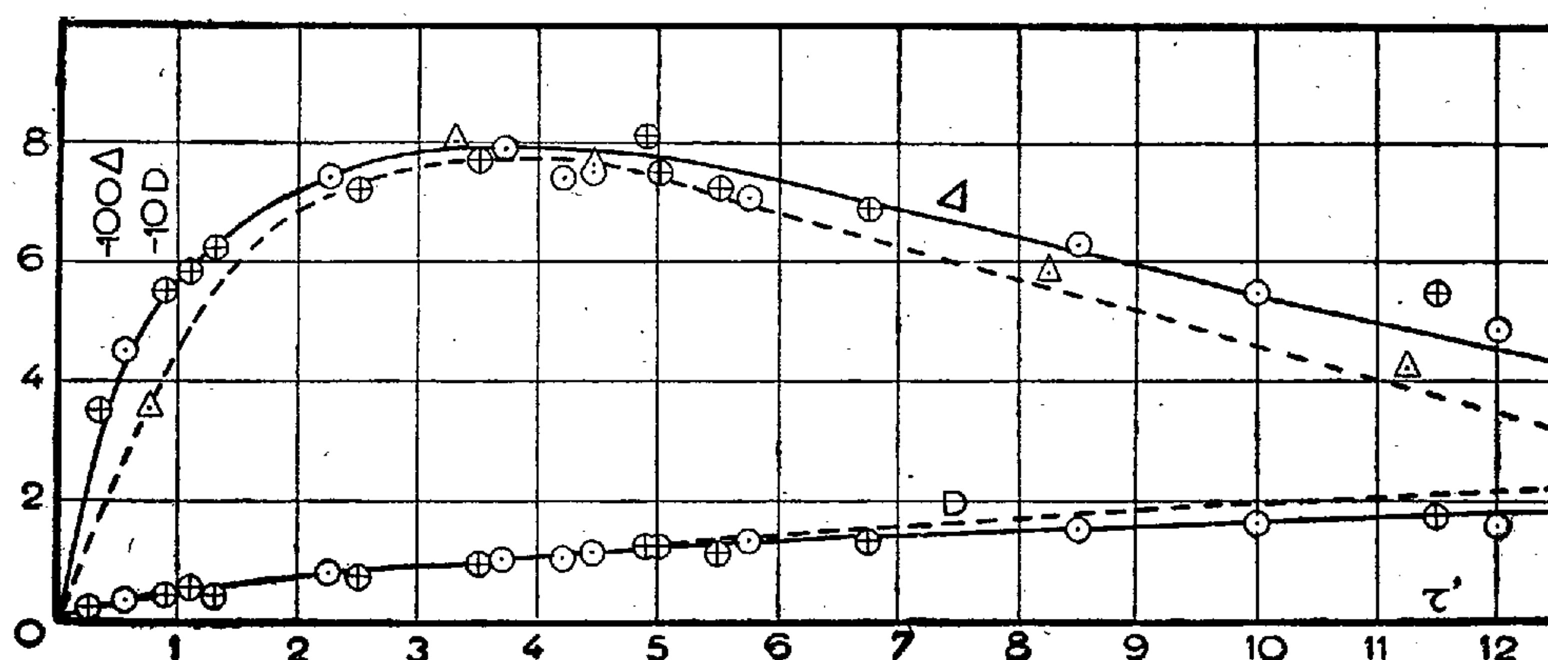
Le photodichroïsme de la cyanine étant consécutif à son pâlissement, j'ai montré ([4]) que l'on peut obtenir des indications sur l'anisotropie de l'oscillateur associé à l'absorption aussi bien en étudiant le photodichroïsme Δ en fonction de la quantité de lumière absorbée, qu'en étudiant le pâlissement $(K_x + K_y)$ ou encore la quantité $D = (K_x - K_y)/(K_x + K_y)$. Les courbes de la figure ci-après représentent ces deux variations. Les différentes séries de points qu'on y trouve sont relatives à des plaques différentes. Chaque point d'une même série a été pris sur une plage indépendante

---

([5]) A. Jablonski, *Zeits. f. Phys.*, **96**, 1935, p. 236.
([6]) S. Nikitine, *Bull. Soc. Fr. Phys.*, **421**, 1938, p. 105.
([7]) *Ann. Chim. Phys.*, **11**, 1907, p. 145.

sur la plaque; le coefficient d'absorption correspondant à chacune d'elles a été mesuré avec soin avant et après l'insolation. Chaque point correspond à une certaine durée d'insolation τ', réduite à une même intensité de la lumière d'insolation.

J'ai porté sur la même figure les deux courbes théoriques $\Delta(\tau)$ et $D(\tau)$, calculées pour une même valeur de $\varepsilon = 0,3$ et en choisissant une échelle telle que les abscisses des maxima des courbes théorique et expérimentale de $\Delta(\tau)$ se correspondent. On constate d'une façon générale que l'accord



est également bon pour les deux courbes $\Delta(\tau)$ et $D(\tau)$, ce qui prouve que la théorie représente les faits expérimentaux d'une façon très satisfaisante. On peut toutefois remarquer une meilleure concordance des points entourés d'un triangle avec la courbe théorique. Ceux-ci correspondent à une plaque de faible absorption [pour le maximum de la bande $\mathrm{colog}(I/I_0) \sim 0,15$]. Le moins bon accord des autres points est sans doute dû au fait de la répartition en profondeur du colorant dans la couche de collodion et à la relativement grande absorption des plaques correspondantes [pour le maximum de la bande $\mathrm{colog}(I/I_0) \sim 1,0$] (3), faits qui conditionnent une allure plus étirée aux courbes expérimentales.

On peut donc conclure en définitive à la bonne concordance de la théorie avec l'expérience. Ce fait important permet de remarquer que la valeur de ε, caractérisant l'anisotropie d'absorption de la molécule de cyanine dans du collodion, qui s'accorde le mieux avec ces mesures, serait un peu inférieure à 0,3, si l'on tient compte de la remarque ci-dessus, concernant l'influence de la concentration et de la répartition en profondeur du colorant.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Libération de l'acétylcholine du complexe acétylcholinique du cerveau de mammifères par le venin de cobra.* Note de M. **Jean Gautrelet** et Mlle **Élisabeth Corteggiani**, présentée par M. Louis Lapicque.

Il nous a été donné de mettre en évidence, dès 1936 [1], l'existence d'un complexe acétylcholinique dans la suspension aqueuse de cerveau de mammifère, dont successivement furent précisés les caractères [2] : insoluble dans l'eau, le complexe est susceptible de libérer l'acétylcholine non seulement sous l'influence de la chaleur, mais des acides, de l'alcool, de l'acétone; si l'ésérine est nécessaire à sa stabilité en milieu aqueux, elle ne l'est pas en milieu physiologique. Un tel complexe existe, non seulement dans le système nerveux central, mais aussi dans l'intestin de vertébrés et d'invertébrés; la reconstitution a pu en être opérée *in vitro* [3] par addition d'acétylcholine à la substance cérébrale, que le milieu fût ou non ésériné.

Fondant l'hypothèse d'un support protidique sur le fait que la libération de l'acétylcholine est effectuée après action des réactifs précipitant les protides du complexe non ultrafiltrable, E. Corteggiani n'a pu mettre en évidence, par fractionnement par l'éther, après extraction alcoolique, une liaison de l'acétylcholine, dans le cerveau de mouton et de cobaye tout au moins, avec les lipides.

Il convient de rapprocher de telles données l'action *in vitro* du venin de cobra sur le cerveau. Nous avons récemment observé, après addition d'une solution de venin de cobra au millième, la décomposition totale du complexe dans *la suspension aqueuse* ésérinée de cerveau de cobaye et de rat; l'acétylcholine libre augmente très rapidement et généralement la suspension additionnée de venin renferme la même quantité d'acétylcholine avant et après chauffage.

Le venin de cobra, avons-nous observé par ailleurs, n'a, par lui-même,

---

(1) E. Corteggiani, J. Gautrelet, A. Kaswin et C. Mentzer, *C. R. Biol.*, 123, 1936, p. 667.

(2) E. Corteggiani, *C. R. Biol.*, 124, 1937, p. 1197; 125, 1937, p. 944, et *Contribution à l'étude de l'Acétylcholine libre et dissimulée sous forme d'un complexe dans le Cerveau.* Thèse de doctorat ès sciences naturelles, Paris, 1938.

(3) E. Corteggiani, A. Carayon Gentil, J. Gautrelet et A. Kaswin, *C. R. Biol.*, 125, 1937, p. 945.

aucune action sur le muscle de sangsue (sur lequel étaient opérés les titrages) ni sur la sensibilité du muscle à l'acétylcholine.

Le fait, constant, nous semble d'autant plus intéressant à retenir que le venin de cobra rentre dans la catégorie des venins protéotoxiques (Arthus) et que Houssay ([4]) a signalé (1930) l'existence de protéase dans ce venin.

Nous ajouterons que nous avons constaté qu'à l'inverse du venin de *Vipera aspis*, le venin de cobra était doué d'un certain pouvoir cholinestérasique : nous avons observé en une heure la destruction complète d'un centimètre cube d'acétylcholine au dix-millième par une solution de venin de même concentration.

Nous poursuivons des recherches pour déterminer, d'une part, l'action du venin de cobra *in vivo* et, d'autre part, celle des ferments, des protéidases en particulier, sur la libération de l'acétylcholine de son complexe : se pose, en effet, la question de leur intervention dans l'élaboration physiologique de l'acétylcholine dans la transmission chimique de l'excitation nerveuse.

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'obtention de la toxine et de l'anatoxine staphylococciques dans un milieu de composition chimique définie.* Note ([1]) de MM. **Gaston Ramon**, **André Boivin** et **Rémy Richou**.

Au cours de ces dernières années, nous avons poursuivi des recherches sur la production de la toxine staphylococcique, ayant principalement en vue l'obtention de l'anatoxine spécifique. Dans ce but nous avions préparé et utilisé, jusqu'ici, des milieux de culture à base de peptones d'origine diverse ([2]). Or, d'après B. C. J. G. Knight ([3]), on peut cultiver le staphylocoque sur un milieu de constitution chimique connue, dont l'azote est fourni par un mélange d'acides aminés et qui renferme des traces de deux indispensables *facteurs de croissance;* l'acide nicotinique et l'aneurine (vitamine B_1). Pour réaliser un tel milieu, il est économique de partir du mélange d'acides aminés que représente un hydrolysat acide de gélatine,

([4]) *C. R. Biol.*, **105**, 1930, p. 308.

([1]) Séance du 29 août 1938.

([2]) G. Ramon, A. Berthelot, et Germaine Amoureux, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 515; G. Ramon, *C. R. de la Société de Biologie*, **121**, 1936, p. 375.

([3]) *Bacterial Nutrition* (*Med. Res. Council Spec. Report*, n° **210**), 1 vol., Londres, 1936 et *Biochem. Journ.*, **31**, 1937, p. 731 et 966.

quitte à le compléter par adjonction des aminoacides qui n'existent pas dans la gélatine : tyrosine, cystine et tryptophane. Nous avons vérifié que, sur un semblable milieu, le staphylocoque est capable non seulement de cultiver abondamment, mais encore de produire son exotoxine spécifique. Voici la composition du milieu que nous avons utilisé :

On fait dissoudre à chaud 15^g de gélatine dans 100^{cm^3} d'acide sulfurique 2N, puis on chauffe la solution pendant 3 à 4 heures à l'autoclave sous 2^{kg} de pression; toutes les chaînes polypeptidiques sont brisées et les acides aminés se libèrent. On se débarrasse de l'acide sulfurique par la baryte, en évitant soigneusement tout excès de ce dernier réactif. On ajoute à l'hydrolysat : $0^g,1$ de tyrosine, $0^g,1$ de cystine, $0^g,05$ de tryptophane, 7^g de phosphate monopotassique et 5^g de citrate trisodique. On complète à un litre avec de l'eau distillée, on amène le pH à 7,4 et l'on stérilise à 110°. D'autre part, on dissout 4^g de glucose, $0^g,1$ de sulfate de magnésium, un milligramme d'acide nicotinique et un vingtième de milligramme d'aneurine dans 20^{cm^3} d'eau distillée et l'on stérilise à 110°. Finalement, on réunit les deux solutions et l'on abandonne le mélange à 37°, pendant 48 heures, pour en contrôler la stérilité.

Sur ce milieu le staphylocoque végète abondamment et il donne naissance à une toxine, qu'on retrouve dans les filtrats des cultures, et qu'on peut titrer par la méthode hémolytique et par floculation. Avec la souche *Wood*, nous avons obtenu des bons résultats en laissant la culture se poursuivre en atmosphère normale, pendant une demi-journée ou une journée, à 37°, puis en faisant circuler dans le ballon, pendant 5 jours, un mélange de 20 pour 100 de CO^2 et de 80 pour 100 d'air. Toutes conditions paraissant égales, le rendement en toxine est souvent assez variable d'un ballon à un autre et, comme on l'observe dans les milieux habituels, une riche culture ne va pas nécessairement de pair avec une bonne toxine. Les meilleures toxines que nous ayons obtenues de la sorte ont titré jusqu'à 40 unités par centimètre cube.

Il apparaît donc que le staphylocoque est capable de produire son exotoxine sur un milieu complètement dépourvu de peptone (4).

---

(4) Dans une publication toute récente, Gladstone (*Brit. Journ. Exp. Path.*, **19**, 1938, p. 208) conclut également que le staphylocoque peut produire sa toxine sur un milieu complètement dépourvu de peptone. Il en va de même, on le sait, en ce qui concerne le b. diphtérique, d'après Pappenheimer, Mueller et Cohen (*Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **36**, 1937, p. 795).

On sait que la transformation en anatoxine de la toxine staphylococcique obtenue dans certains bouillons usuels, à base de peptone, présente parfois des difficultés. Il arrive, par exemple, et cela pour des causes qui échappent, que le bouillon staphylococcique conserve un reste de toxicité malgré une proportion relativement forte de formol (4 à 5^{cm^3} de la solution d'aldéhyde formique à 40 pour 100, par litre de bouillon) et un séjour assez prolongé à l'étuve à 39°-40° (15 à 20 jours); d'autres fois, l'antigène au cours de sa transformation en anatoxine subit une perte de valeur plus ou moins considérable jusqu'à 50, 60 pour 100 et même davantage. Les difficultés de cet ordre, nous les avons éprouvées récemment, dans la transformation en anatoxine de la toxine qu'élabore la souche Wood dans un bouillon à base de peptone pepsique de viande de bœuf.

Par contre, d'après nos essais, la transformation de la toxine obtenue avec cette même souche Wood dans le milieu préparé comme il est indiqué plus haut et dépourvu de peptones n'offre pas les mêmes difficultés. En effet, il suffit pour amener la détoxication totale de la toxine staphylococcique que renferme un tel milieu, de $3^{cm^3},5$ de formol par litre et d'un séjour d'une semaine à l'étuve. De plus, la perte d'antigène au cours de la transformation qui s'opère dans ces conditions ne dépasse pas, en règle générale, 30 pour 100.

Ainsi, d'après les résultats jusqu'ici obtenus, il semble qu'en ce qui concerne la production de l'anatoxine staphylococcique, le milieu dont nous indiquons la composition chimique définie possède certains avantages qui justifient son emploi, dès maintenant, dans la technique courante.

La séance est levée à $15^h 20^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 SEPTEMBRE 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence des séries de Fourier.* Note de M. **Raphaël Salem**.

Soient a_n, b_n les coefficients de Fourier de la fonction sommable $f(x)$ et $s_n(f)$ sa somme de Fourier d'ordre n. Posons

$$A_n = a_n \cos nx + b_n \sin nx, \qquad \rho_n^2 = a_n^2 + b_n^2 \qquad (a_0 = 0).$$

Nous supposerons la série $\Sigma\rho_n^2\,\omega(n)$ convergente, $\omega(n)$ étant une fonction croissante, de croissance plus lente que $\log n$, et nous déterminerons une suite croissante d'entiers n_k, indépendante de f, dépendant seulement de $\omega(n)$, telle que $s_{n_k}(f)$ converge presque partout (¹). Pour cela considérons, suivant une méthode connue, l'intégrale $I = \int_0^{2\pi} s_{n(x)}(x)\,dx$, $n(x)$ étant variable avec x et au plus égal à n. Si l'on désigne par $\psi_1(x)$, $\psi_2(x)$, ..., $\psi_n(x)$ une suite décroissante de fonctions caractéristiques d'ensembles et si l'on pose, pour simplifier l'écriture, $\varepsilon_n\sqrt{\omega(n)} = 1$, on a

$$I = \int_0^{2\pi} \Sigma\psi_p A_p\,dx = \int_0^{2\pi} \Sigma\varepsilon_p\psi_p A_p\sqrt{\omega(p)}\,dx.$$

Désignant par $F(x)$ la fonction de carré sommable dont les coefficients de Fourier sont $a_n\sqrt{\omega(n)}$, $b_n\sqrt{\omega(n)}$, on a

$$I = \int_0^{2\pi} \Sigma\,\Delta(\varepsilon_p\psi_p)\,s_p(F)\,dx = \int_0^{2\pi} \Sigma\varepsilon_p\,\Delta\psi_p\,s_p(F)\,dx + \Sigma\,\Delta\varepsilon_p \int_0^{2\pi} \psi_{p+1}\,s_p(F)\,dx.$$

(¹) On sait que, si $\omega(n) = \log n$, $s_n(f)$ converge presque partout. Dans ce qui va suivre nous désignerons par $s_n(\varphi)$ la somme de Fourier d'ordre n d'une fonction φ, par $\sigma_n(\varphi)$ sa somme de Féjer d'ordre n. Nous poserons $\Delta u_p = u_p - u_{p+1}$ avec $\Delta u_n = u_n$ si u_n est le dernier terme de la suite. Sauf indication contraire les sommations s'entendront de 1 à n.

La première intégrale peut s'écrire $\int_0^{2\pi} \mathrm{F}\,\Sigma\varepsilon_p s_p(\Delta\psi_p)dx$ et son carré est inférieur à $\int_0^{2\pi}\mathrm{F}^2 dx \int_0^{2\pi}[\Sigma\varepsilon_p s_p(\Delta\psi_p)]^2 dx$. Or on a

$$\sum_{q=p}^{q=n}\int_0^{2\pi}\varepsilon_p\varepsilon_q s_p(\Delta\psi_p)s_q(\Delta\psi_q)\,dx$$
$$=\sum_{q=p}^{q=n}\int_0^{2\pi}\varepsilon_p\varepsilon_q s_p(\Delta\psi_p)\,\Delta\psi_q\,dx=\int_0^{2\pi}\varepsilon_p^2 s_p(\Delta\psi_p)\,\chi_p\,dx=\int_0^{2\pi}\varepsilon_p^2 s_p(\chi_p)\,\Delta\psi_p\,dx,$$

χ_p étant une fonction positive, inférieure à l'unité. De plus, k_p, k'_p étant deux exposants positifs complémentaires,

$$\Delta\psi_p\,|\varepsilon_p^2 s_p(\chi_p)|<\frac{1}{k_p}|\varepsilon_p^2 s_p(\chi_p)|^{k_p}+\frac{1}{k'_p}(\Delta\psi_p)^{k'_p}\qquad\left(\frac{1}{k_p}+\frac{1}{k'_p}=1\right).$$

D'autre part [2], si $k_p>2$,

$$\int_0^{2\pi}|s_p(\chi_p)|^{k_p}dx<(4k_p)^{k_p}\int_0^{2\pi}\chi_p^{k_p}\,dx<2\pi(4k_p)^{k_p}.$$

On déduit de tout ce qui précède, c étant une constante indépendante de f,

$$|\mathrm{I}|<c\left(\int_0^{2\pi}\mathrm{F}^2\,dx\right)^{\frac{1}{2}}\left[1+\sum\frac{1}{k_p}(4k_p\varepsilon_p^2)^{k_p}\right].$$

La considération des intégrales précédentes montre que dans cette somme il n'y a à faire entrer que les p qui font partie des valeurs prises par $n(x)$ dans I. En remarquant que $\omega(n)$ n'est déterminée qu'à une constante multiplicative près, et en prenant les k_p proportionnels aux $\omega(p)$, on voit que la suite d'entiers n_k satisfera au problème posé si l'on a

$$(1)\qquad\sum_{k=1}^{\infty}\mathrm{A}^{-\omega(n_k)}<\infty,$$

A étant une constante positive fixe, d'ailleurs aussi grande qu'on voudra.

Quand la croissance de $\omega(n)$ est assez lente, les résultats ainsi obtenus sont dépassés par ceux obtenus par la méthode très simple suivante. On a

$$\int_0^{2\pi}[s_n(f)-\sigma_n(f)]^2\,dx=\frac{\pi}{(n+1)^2}[\rho_1^2+2^2\rho_2^2+\ldots+n^2\rho_n^2].$$

Si E_n est l'ensemble des points où $|s_n-\sigma_n|$ dépasse η_n, la mesure de cet

(2) Cf. Zygmund, *Trigonométrical Series*, Varsovie, 1935, p. 153.

ensemble est inférieure à $\pi(\rho_1^2 + \ldots + n^2\rho_n^2)/\eta_n^2 n^2$; d'où l'on déduit immédiatement en faisant tendre les η_n vers zéro aussi lentement qu'on voudra que, si l'on a

$$(2) \qquad \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\rho_1^2 + 2^2\rho_2^2 + \ldots + n_k^2 \rho_{n_k}^2}{n_k^2} < \infty,$$

la suite d'entiers n_k satisfait au problème posé ([3]). Supposons maintenant la convergence de $\Sigma\rho_n^2\omega(n)$; on voit facilement que la condition (2) est satisfaite si (notation de Landau)

$$(3) \qquad \frac{1}{n_k^2} + \frac{1}{n_{k+1}^2} + \ldots = O\left[\frac{\omega(n_k)}{n_k^2}\right].$$

Ceci a lieu quelle que soit $\omega(n)$, si $n_{k+1}/n_k > \lambda > 1$, ce qui fait retrouver très simplement un résultat connu. Mais le choix des n_k par la condition (3) donne de meilleurs résultats que leur choix par la condition (1) dès que la croissance de $\omega(n)$ est *inférieure* à celle de $\log\log n$. En effet, en prenant pour n_k la fonction $e^{\varphi(k)}$ supposée croissante et convexe, on voit que la condition (3) est réalisée en prenant

$$\omega[e^{\varphi(k)}] > \frac{1}{\varphi'(k)}, \qquad \text{car} \quad \int_k^{\infty} e^{-2\varphi(x)}\,dx < \frac{e^{-2\varphi(k)}}{\varphi'(k)}.$$

C'est-à-dire en posant $\omega(n) = \theta(\log n)$ et désignant par $\Theta(x)$ l'intégrale $\int_0^x \theta(x)\,dx$, que $\Theta[\varphi(k)] > k$; or le choix de $\varphi(k)$ par la condition (1) conduit à prendre $\theta[\varphi(k)] > \mu \log k$, μ étant une constante. Il suffit de remarquer que $\Theta(x)$ est inférieur à $x\theta(x)$ pour en déduire le résultat annoncé.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'approximation des fonctions continues par certaines fonctions harmoniques.* Note ([1]) de M. **François Leja**, transmise par M. Émile Borel.

Soient $f(x)$ une fonction réelle continue dans un intervalle fermé $\mathcal{I} = \langle a, b \rangle$, λ un paramètre réel et n un nombre entier positif fixe. Désignons par ζ un système de $n+1$ points différents quelconques

$$(1) \qquad \{\zeta_0, \zeta_1, \ldots, \zeta_n\} = \zeta$$

([3]) Cette solution ne suppose pas que la fonction f soit de carré sommable. Elle fournit une suite de n_k, par exemple, si $n\rho_n^2 \to 0$.

([1]) Séance du 20 avril 1938.

appartenant à $\mathcal{J}$; formons les polynomes correspondants de Lagrange

$$\mathcal{L}_n^{(j)}(x, \zeta) = \frac{x-\zeta_0}{\zeta_j-\zeta_0} \cdots \frac{x-\zeta_{j-1}}{\zeta_j-\zeta_{j-1}} \frac{x-\zeta_{j+1}}{\zeta_j-\zeta_{j+1}} \cdots \frac{x-\zeta_n}{\zeta_j-\zeta_n}$$
$$(j = 0, 1, \ldots, n)$$

et considérons la somme

$$(2) \qquad \mathrm{F}_n(x, \lambda, \zeta) = \sum_{j=0}^{n} e^{n\lambda f(\zeta_j)} |\mathcal{L}_n^{(j)}(x, \zeta)|,$$

se réduisant à $e^{n\lambda f(x)}$ pour $x = \zeta_0, \zeta_1, \ldots, \zeta_n$.

Lorsque les nombres (1) varient arbitrairement dans $\mathcal{J}$ la somme (2) varie, mais elle possède pour chaque x, λ et n fixe une borne inférieure positive que je désignerai par

$$\mathrm{F}_n(x, \lambda) = \underset{(\zeta \subset \mathcal{J})}{\text{borne inf.}} \{ \mathrm{F}_n(x, \lambda, \zeta) \}.$$

Faisons maintenant varier n et posons

$$(3) \qquad f_n(x, \lambda) = \frac{1}{n} \log \mathrm{F}_n(x, \lambda) \qquad \text{pour } n = 1, 2, \ldots.$$

Ces fonctions ont des valeurs déterminées pour chaque λ réel et pour chaque x réel ou complexe. Elles restent dans une intime liaison avec la fonction donnée $f(x)$, à condition que $\lambda \neq 0$; dans le cas $\lambda = 0$ elles ne dépendent que de l'intervalle $\mathcal{J}$.

J'ai démontré ailleurs que la suite (3) jouit des propriétés suivantes ([2]):

I. *Pour chaque λ réel, la suite* (3) *tend dans le plan entier de la variable complexe x vers une limite*

$$(4) \qquad \lim_{n \to \infty} f_n(x, \lambda) = f(x, \lambda).$$

La fonction $f(x, \lambda)$ de x est partout continue pour chaque λ fixe, elle est harmonique et régulière partout à l'exception des points de l'intervalle $\mathcal{J}$ au plus.

II. *Lorsque $\lambda = 0$, $f(x, \lambda)$ se réduit à la fonction de Green du domaine infini, extérieur au segment $\mathcal{J}$, ayant son pôle à l'infini.*

Considérons maintenant la famille des fonctions harmoniques $f(x, \lambda)$, où $-\infty < \lambda < \infty$ et $\lambda \neq 0$. On peut prouver que, pour chaque valeur fixe de x appartenant à l'intervalle $\mathcal{J}$, l'expression

$$(5) \qquad \frac{1}{\lambda} f(x, \lambda)$$

([2]) *Annales de la Soc. Polon. de Mathém.*, 16, 1938, p. 112-135.

reste bornée dans le voisinage de $\lambda = 0$. Plus précisément, on peut démontrer que :

III. *Lorsque λ tend vers zéro l'expression* (6) *tend dans l'intervalle $\mathcal{J}$ vers la fonction donnée $f(x)$*

$$\lim_{\lambda \to 0} \frac{1}{\lambda} f(x, \lambda) = f(x),$$

la convergence étant uniforme dans $\mathcal{J}$.

Il en résulte, en particulier, qu'on a la formule

$$f(x) = \lim_{m \to \infty} \left\{ \lim_{n \to \infty} \frac{m}{n} \log F_n\left(x, \frac{1}{m}\right) \right\},$$

qui permet d'approcher une fonction continue quelconque $f(x)$, définie dans un intervalle $\mathcal{J}$, par des valeurs frontières des fonctions harmoniques

$$m f\left(x, \frac{1}{m}\right) = \lim_{n \to \infty} \frac{m}{n} \log F_n\left(x, \frac{1}{m}\right) \qquad (m = 1, 2, \ldots),$$

régulières dans le plan entier à l'exception des points $\mathcal{J}$ au plus.

PHYSICOCHIMIE. — *Étude de la constitution de l'acide nitrique d'après ses spectres d'absorption.* Note de M. **René Dalmon**, transmise par M. Charles Fabry.

A l'occasion d'une étude sur les spectres d'absorption des mélanges sulfonitriques, nous avons été conduit à reprendre les spectres de l'acide nitrique et à comparer nos résultats avec ceux de Schæfer [1] et de von Halban et Eisenbrand [2].

Nos mesures ont surtout porté sur la détermination aussi précise que possible du coefficient d'extinction moléculaire ε en fonction de la concentration c. Nous avons opéré par la méthode de photométrie photographique.

ε est calculé à partir de la formule de Lambert-Beer

$$D = \varepsilon c d.$$

D, densité optique du corps absorbant;
c, concentration exprimée en nombre de molécules-grammes par litre;
d, épaisseur en centimètre du liquide absorbant.

Toutes nos mesures ont été faites au voisinage de 0° ($1° < T < 2°$) afin d'éviter la décomposition des acides concentrés.

---

(1) *Z. anorg. allgem. Chem.*, **97**, 1916, p. 285.
(2) *Z. physik. Chem.*, **132**, 1928, p. 433.

Voici un tableau donnant, pour λ 3180 Å, la variation de ε en fonction de c.

c. Mol/l.	c. Pour 100 en poids.	ε.	c. Mol/l.	c. Pour 100 en poids.	ε.	c. Mol/l.	c. Pour 100 en poids.	ε.
0,835	5,1	3,60	8,8	43,2	1,54	20,2	85	0,22
1,68	10,0	3,41	10,7	50,1	1,20	20,9	87,7	0,20
2,64	15,2	3,11	11,9	55,3	1,01	21,3	89,2	0,18
3,6	20,2	2,89	13,7	61,5	0,73	21,8	90,98	0,17
4,64	25,2	2,61	14,5	64,5	0,63	22,5	93,2	0,15
5,82	30,6	2,35	15,6	68,7	0,48	23	95,0	0,143
6,87	35,2	2,07	16,7	72,7	0,39	23,6	97,2	0,127
8	39,9	1,81	19,2	81,5	0,26	24,2	99,1	0,14
						24,6	100,1	0,16

Si l'on construit la courbe $\varepsilon = f(c)$ on voit que :

1° ε varie linéairement de 0 à 10 n environ.

2° De 10n à 23,6n la courbe décroît moins rapidement, passe par un minimum à 23,6n(97,2 pour 100), puis croît jusqu'à 24,6n. Ce minimum est dû à la formation, à partir de 97 pour 100 environ, d'anhydride azotique; en effet Chédin (3) a montré que, dans les spectres Raman des acides azotiques concentrés, la raie caractéristique de N^2O^5 de fréquence $1400\,cm^{-1}$ se manifestait à partir de cette concentration. On interprète donc ce minimum par la même cause. La formation de peroxyde d'azote ne peut être invoquée, les acides utilisés, préparés avec le plus grand soin, conservés dans la glace carbonique et amenés à 0° environ pour la prise des spectres, étaient rigoureusement incolores sous des épaisseurs d'environ 20cm.

Si l'on construit les courbes $\varepsilon = f(\lambda)$ pour les diverses concentrations, on obtient un réseau auquel on peut appliquer la règle de Darmois (4) pour voir s'il y a deux ou plusieurs particules absorbantes en solution. On trouve que :

1° Jusqu'à 10n environ la règle s'applique bien. Ce résultat était d'ailleurs prévu, puisque von Halban et Eisenbrand ont montré que les courbes $\varepsilon = f(\lambda)$ passent par un même point ce qui constitue un cas particulier de la règle de Darmois. On peut, comme ils le proposent et comme l'a indiqué aussi Otto Redlich (5), supposer qu'il existe un équilibre

(3) *Ann. Chim.*, **11**, VIII, 1937, p. 243.

(4) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1121.

(5) *Z. physik. Chem.*, **182**, 1938, p. 42.

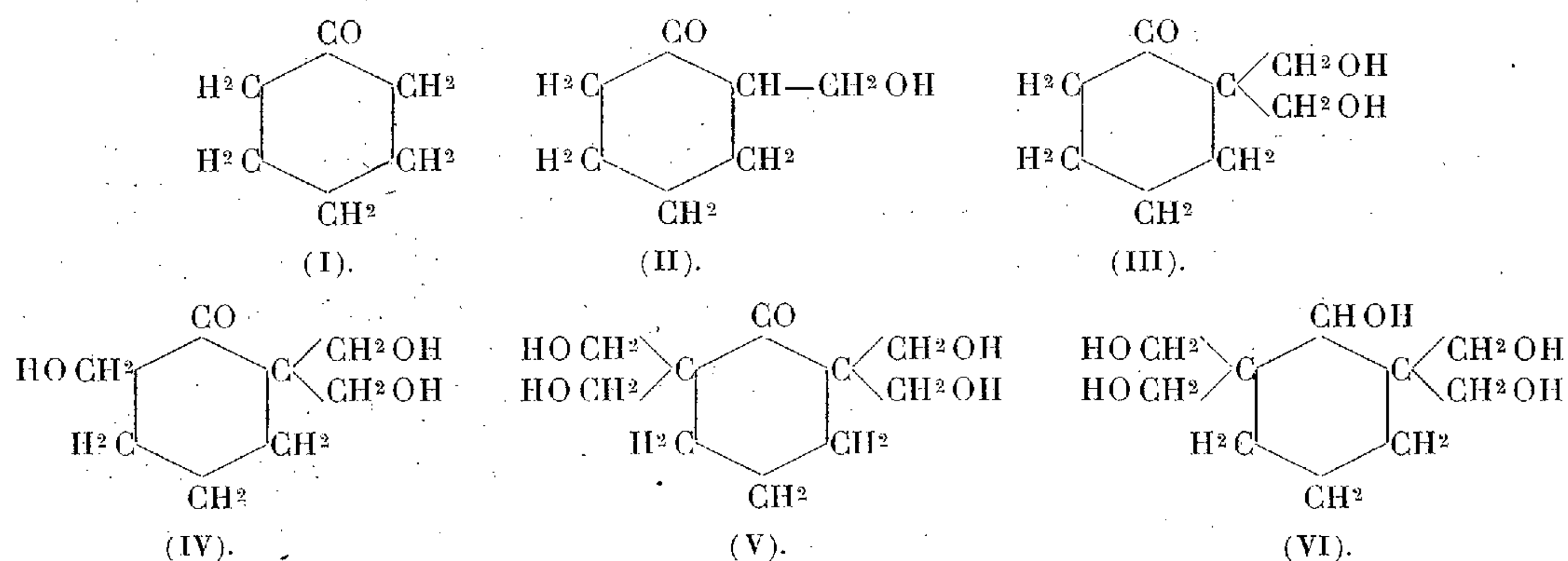
entre les ions NO^3 et une forme *associée* ou *moyenne*. Le spectre de l'ion NO^3 est connu. Reste à déterminer celui de l'autre forme; von Halban a essayé de le faire, mais il a admis pour cela qu'à 3130 Å la deuxième forme n'absorbe pas. Or nous avons trouvé qu'à cette longueur d'onde la loi de Beer ne s'applique pas. C'est à des longueurs d'onde plus grandes qu'il faut rechercher sa vérification et reprendre les calculs de von Halban.

2° De 11*n* environ jusqu'à 19*n* on trouve de même un équilibre entre deux constituants. Peut-être s'agit-il d'un équilibre entre la forme moyenne précédente et la forme homéopolaire. Une étude est en cours sur ces différents points.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur la condensation des aldéhydes acycliques avec les cétones cyclaniques. Condensation des aldéhydes formique et acétique avec la cyclohexanone.* Note de MM. **Henry Gault** et **Emeric Steckl**, présentée par M. Marcel Delépine.

1. Condensation de l'aldéhyde formique avec la cyclohexanone. — *a. Méthylol-cyclohexanones.* — C. Mannich et W. Brose ([1]) ont obtenu, par condensation de la cyclohexanone (I) avec le formol, en présence de chaux, les *monométhylol-cyclohexanone* (II) et *tétraméthylol-cyclohexanone* (V) et, d'autre part, le *tétraméthylol-cyclohexanol* (VI).

Nous avons étudié les facteurs qui influent sur la formation de la monométhylol-cyclohexanone et cherché simultanément à isoler les termes intermédiaires correspondant à la fixation de *deux* et de *trois* molécules de formaldéhyde sur la cyclohexanone, c'est-à-dire les di- et triméthylol-cyclohexanones (III) et (IV) :



([1]) *Ber. d. Chem. Ges.*, 56, 1923, p. 833.

Voici les premiers résultats que nous avons obtenus :

Monométhylol-cyclohexanone (II). — Le rendement en monométhylol-cyclohexanone paraît être surtout influencé par la concentration du formol. Dans des conditions identiques, le rendement *théorique* est, avec un formol à 12 pour 100, voisin de 75 pour 100, c'est-à-dire de moitié supérieur à celui que l'on obtient avec le formol à 35 pour 100 et que l'on peut aussi déduire du Mémoire de C. Mannich et W. Brose. Le rendement de transformation est, au contraire, faible.

Diméthylol-cyclohexanone (III). — Dans toutes les condensations que nous avons effectuées avec un excès de cyclohexanone (cyclohexanone 2^{mol}; formaldéhyde 1^{mol}), nous avons pu isoler, à côté de la monométhylol-cyclohexanone (E_{14} 114-115°), une fraction supérieure de distillation (E_{15} 170-171°) qui, par refroidissement, se prend en une masse cristalline. Le produit solide obtenu (F. 52-53°) est la *diméthylol-cyclohexanone* (III) (*Phénylhydrazone* F. 131-132°; *dérivé acétylé* E_{15} 180°).

La vitesse des réactions de fixation du formaldéhyde sur la cyclohexanone et sur la monométhylol-cyclohexanone est fonction du milieu réactionnel, c'est-à-dire de la nature et vraisemblablement de la basicité de l'agent de condensation employé. *A concentrations égales*, la chaux $Ca(OH)^2$ élève le rapport $\frac{\text{Monométhylol-cyclohexanone}}{\text{Diméthylol-cyclohexanone}}$, tandis que le carbonate de potassium agit en sens inverse.

Triméthylol-cyclohexanone (IV). — Nous n'avons pu ni isoler, ni caractériser ce dérivé triméthylolé dans aucune des condensations effectuées jusqu'à présent. Toutefois, dans des conditions de température convenables, nous avons obtenu un produit solide (F. 155°) qui répond à la formule de constitution $C^{11}H^{12}O^2$ et que nous considérons comme un produit de fixation de trois molécules de formaldéhyde sur la cyclohexanone avec élimination de deux molécules d'eau.

b. Méthylol-cyclohexanols. — Nous n'avons hydrogéné, pour l'instant, que la monométhylol-cyclohexanone. L'hydrogénation, en milieu alcoolique, à température ordinaire, en présence de nickel de Raney, est quantitative et donne naissance au *monométhylol-cyclohexanol* ou *hexahydrosaligénine* (E_6 125-127°), déjà obtenu par Matti [1] qui, sans l'étudier, en avait indiqué un mode de préparation à partir du cyclohexène. Nous avons préparé certains de ses dérivés, entre autres la *monophényluréthane* (F. 145°), le *dérivé monoacétylé* (E_{13} 128°) et le *dérivé dibenzoylé*

---

[1] *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 51, 1932, p. 974.

(E_1 120°). Nous pensons être prochainement en état de donner les résultats de nos essais de polymérisation de ce diol.

2. CONDENSATION DE L'ALDÉHYDE ACÉTIQUE AVEC LA CYCLOHEXANONE. — Dans les mêmes conditions que l'aldéhyde formique, l'aldéhyde acétique se fixe sur la cyclohexanone avec formation de *monoéthylol-cyclohexanone* (E_3 89-90°) et, entre autres produits, de *monoéthylidène-cyclohexanone.*

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Chez le* Pinus pinea *chaque convergent conserve son individualité fonctionnelle pendant la réduction.* Note[1] de Mlle **MADELEINE FOURCROY**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

On a étudié les modalités de la réduction des convergents, surtout fréquente chez les Gymnospermes du genre Pinus, mais, à ma connaissance, on n'a pas cherché ce que devient alors la notion fondamentale de convergent « unité conductrice élémentaire d'une phyllorhize », d'après la définition même de Chauveaud [2]. Or, chez le Pin, le xylème et le phloème s'éteignent lentement et simultanément; le phloème, néanmoins, est le premier à disparaître [3]. Il en résulte qu'à partir d'un certain niveau, il n'existe plus de phloème entre les deux xylèmes fusionnant : il suffit qu'on soit assez près de la réduction des deux xylèmes en un seul.

L'insertion des radicelles qui naissent à ces niveaux localement privés de phloème montre que chacun des convergents garde son individualité biologique : 1° il est rigoureusement seul à alimenter la radicelle, même si la fusion des xylèmes est très avancée; 2° le phloème qui semble éteint contribue au raccord criblé pour une part égale à celle de son homologue persistant.

La figure 1 ci-après, empruntée à une racine très jeune de *Pinus pinea*, fournit un cas de réduction peu avancée; mais déjà le phloème n'existe plus entre les deux xylèmes fusionnant. L'orientation des files cellulaires montre combien le convergent A est étranger au raccord radicellaire; en outre, le convergent B a gardé en puissance toutes ses facultés puisqu'un phloème P_{AB}, éteint par la réduction, peut assurer le raccord criblé P'_{p} au même titre que le phloème P_{CBp}, P_{CB} d'évolution normale.

---

(1) Séance du 1er août 1938.

(2) *La constitution des plantes vasculaires révélée par leur ontogénie*, Paris, 1921.

(3) M. FOURCROY, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 689.

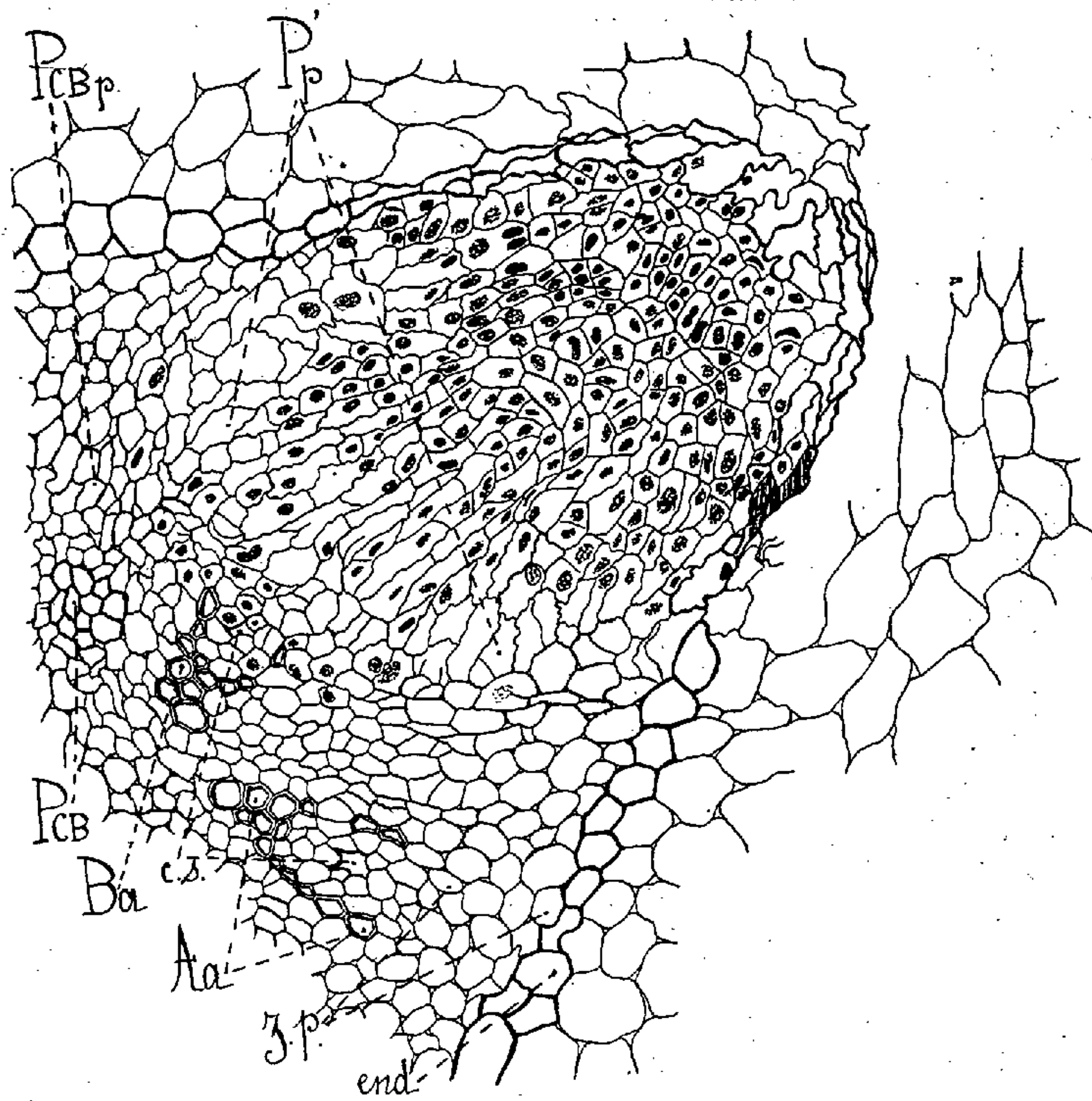


Fig. 1.

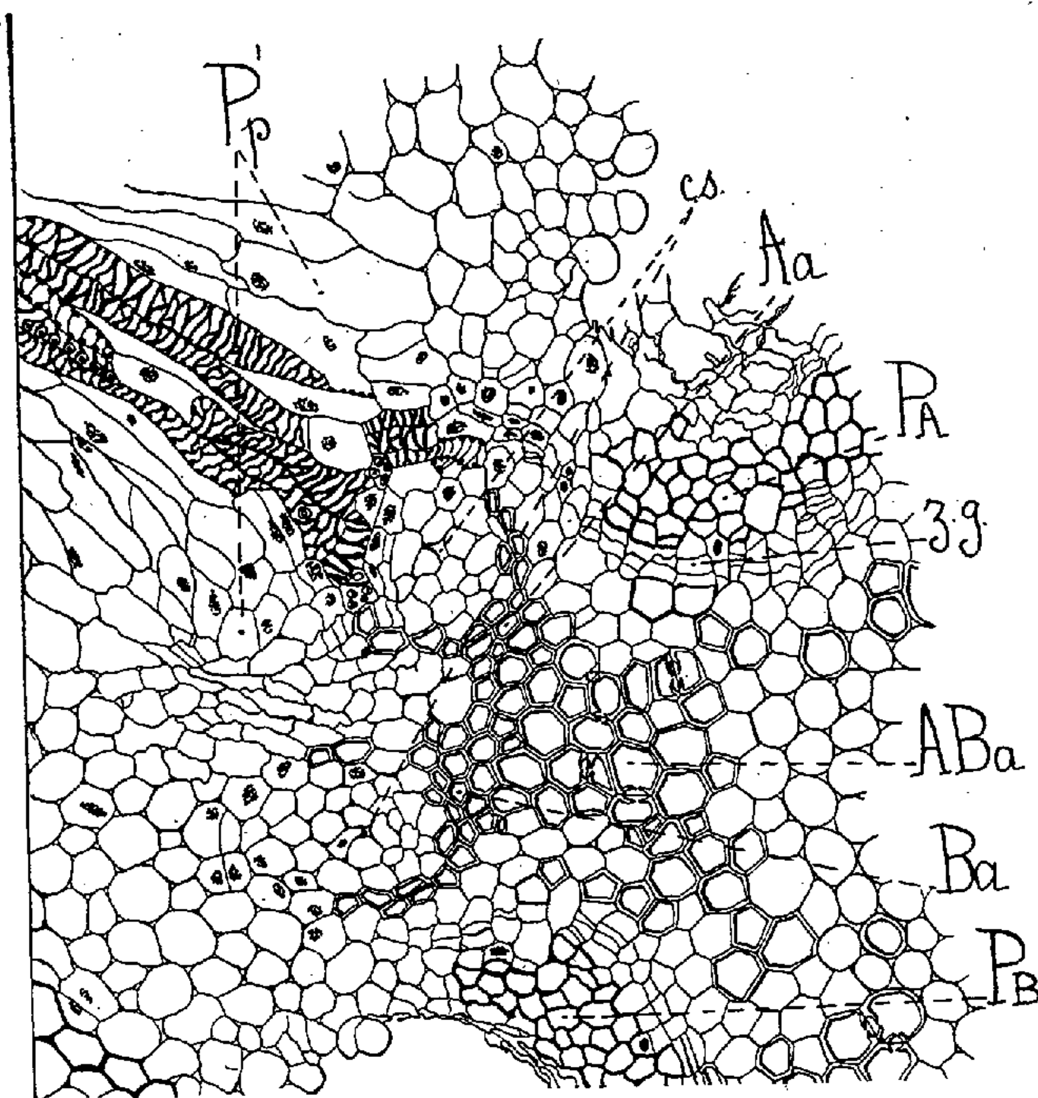


Fig. 2.

La figure 2 ci-contre, empruntée à une racine plus âgée du même *Pinus*, traduit un état de réduction très avancé : les parties linéairement centripètes des xylèmes alternes sont confondues. Néanmoins le convergent A alimente seul la radicelle et les formations criblées sont comparables à droite et à gauche du xylème radicellaire malgré l'extinction totale du phloème P_{AB}. En outre, des cloisonnements sont apparus, symétriquement, à l'extérieur des branches droite et gauche du xylème alterne primitif Aa, réalisant d'un côté le prolongement de la zone génératrice libéroligneuse *zg* et s'établissant de l'autre comme si elle y existait. En tout cas, aucune tentative de jonction avec le phloème P_B n'est amorcée (les cloisonnements extérieurs au xylème Ba sont dus à la naissance d'une radicelle alimentée exclusivement par B aux niveaux inférieurs). On pouvait s'attendre à ce que le phloème P_B participe au raccord criblé de la radicelle en suppléance du phloème P_{AB} disparu ; il n'en est rien.

Malgré les modifications anatomiques, chaque convergent garde donc biologiquement sa valeur : faisceau vasculaire flanqué de deux demi-faisceaux criblés.

La séance est levée à 15^h15^m.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 22 août 1938.)

Note de M. *Robert-Ph. Dollfus*, Cycle évolutif d'un Trématode du genre *Coitacæcum* W. Nicoll. Progenèse de la larve métacercaire chez des Amphipodes :

Page 431, ligne 2, *au lieu de* Coitacæcum, *lire* Coitocæcum.
Page 433, ligne 10, *au lieu de* Auguilla, *lire* Anguilla.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 SEPTEMBRE 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à M. **SELMAN WAKSMAN**, professeur de Microbiologie du sol à la *Rutgers University*, New-Brunswick, Correspondant de l'Académie pour la Section d'Économie rurale, qui assiste à la séance.

Notice nécrologique sur ERNEST WILLIAM BROWN, par M. **GASTON FAYET**.

ERNEST WILLIAM BROWN est décédé le 22 juillet dernier à New-Haven (Connecticut) où il était astronome professeur à l'Observatoire de l'Université Yale. Il était âgé de 72 ans.

Considéré comme l'un des astronomes théoriciens les plus distingués, il laisse de nombreux mémoires dans lesquels il apporte d'importantes contributions à des questions de mécanique céleste les plus diverses, mais son nom reste attaché à une œuvre colossale, l'édification d'une nouvelle théorie complète du mouvement de la Lune, à laquelle il a consacré près de trente années d'un labeur ininterrompu. Pour y parvenir il a fait preuve des plus éminentes qualités de calculateur; en outre il s'est heurté, en cours de route à un grand nombre de problèmes connexes, dont il a su triompher par l'emploi le plus ingénieux des ressources de l'analyse.

C'est sur les conseils de son premier maître et ami, Georges Darwin, qu'il a entrepris son œuvre comme suite des recherches fondamentales de G. W. Hill, qui avaient répandu une lumière toute nouvelle sur la théorie de notre satellite. Parmi les publications de Brown sur ce sujet, il faut

citer spécialement le mémoire qui a obtenu, en 1907, le prix Adams à l'Université de Cambridge et surtout les trois grands volumes définitifs qui contiennent les tables du mouvement lunaire.

Brown avait été élu Correspondant pour notre Section d'Astronomie, le 31 janvier 1921.

On peut être surpris qu'il soit encore possible de se montrer original dans la solution d'une question dont se sont préoccupés tant de géomètres éminents : en réalité leurs théories étaient imparfaites, soit par l'insuffisance des approximations, soit en raison des méthodes défectueuses.

Lorsqu'on se borne à la théorie solaire du mouvement de la Lune, la supériorité théorique de la méthode de Delaunay apparaît très nette, mais elle présente l'inconvénient grave que les développements ordonnés suivant les puissances du rapport m des moyens mouvements convergent beaucoup trop lentement. Pour obtenir les meilleurs résultats, il est nécessaire de renoncer à ces développements et de donner immédiatement à m sa valeur parfaitement connue, en laissant aux autres paramètres leurs expressions littérales; en procédant de cette manière on obtient assez aisément une approximation satisfaisante et l'on conserve, en grande partie, l'avantage des développements analytiques. C'est ce qu'a fait Hill le premier et, après lui, Brown.

Ayant arrêté la forme de la solution, il faut ensuite fixer la marche à suivre pour l'intégration des équations différentielles du problème; c'est encore des travaux de Hill que s'est inspiré notre Confrère, mais en leur apportant constamment des perfectionnements les plus ingénieux rendus d'ailleurs nécessaires par les difficultés qui surgissaient au fur et à mesure que le travail progressait.

La théorie solaire est loin d'épuiser le problème du mouvement de la Lune : il reste à tenir compte de l'action directe ou indirecte des grosses planètes, du déplacement de l'écliptique, de la forme de la Terre et de celle de notre satellite. C'est à Newcomb que revient le mérite d'avoir ramené ces diverses questions à un problème ordinaire de perturbations en faisant varier les constantes de la théorie solaire; mais, dans l'application, Brown a dû très fréquemment imaginer des artifices extrêmement remarquables au point de vue analytique.

Les inégalités planétaires ont d'abord été signalées par Laplace, puis Delaunay et Hansen en avaient évalué quelques-unes, mais ces calculs n'avaient pas encore donné lieu à un travail d'ensemble aussi complet et aussi parfait que celui de Brown; il faut signaler particulièrement la façon

intéressante dont son auteur développe la fonction perturbatrice qui définit l'action d'une planète, en introduisant simplement le développement de Le Verrier pour l'inverse de la distance de la Terre à cette planète.

Qu'il suffise de rappeler que Brown a déterminé toutes les inégalités solaires du mouvement de la Lune à 0",001 près et un certain nombre d'entre elles avec la précision de 0",0002. L'exactitude est du même ordre en ce qui concerne les inégalités planétaires. On ne saurait trop admirer avec quel art Brown a su trouver les dispositions les plus favorables pour faciliter la tâche des calculateurs appelés à utiliser ses tables.

Un travail astronomique de cette envergure, il ne faut pas le perdre de vue, ne vaut pas seulement par l'élaboration d'une méthode théorique, si brillante soit-elle, dont les premières applications sont généralement faciles; il vaut surtout lorsqu'il est achevé dans tous ses détails et que les approximations nécessaires sont réalisées jusqu'au bout, toujours avec la même exactitude. C'est au cours d'un pareil travail que l'on s'aperçoit souvent que les indications primitives deviennent insuffisantes et c'est alors qu'il faut déployer le plus d'ingéniosité et de science pour vaincre les difficultés qui semblent tout d'abord insurmontables. C'est là précisément ce qui caractérise l'œuvre du savant disparu.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Effet du zinc sur la végétation de* Rhizopus nigricans *et la production d'acide par cet organisme.* Note de MM. **Selman G. Waksman** et **Jackson W. Foster**.

Le rôle fondamental du zinc et du fer, dans la végétation de *l'Aspergillus niger* a été démontré par J. Raulin (1) en 1869. De petites quantités de ces substances sont comprises comme éléments nutritifs dans son milieu classique, le premier milieu véritablement synthétique pour la culture des microorganismes. M. Javillier (2), dans ses observations sur la réaction physiologique du champignon envers le zinc, définit cet élément comme un « des éléments répartis généralement en faible quantité dans les organismes et y jouant nu rôle physiologique qui paraît ne pouvoir s'interpréter que par une action catalytique ». Pourtant R. A. Steinberg (3) attribue l'effet du zinc

(1) *Ann. Sc. Nat.*, série V, *Bot.*, 11, 1869, p. 93-299.
(2) *Ann. Inst. Past.*, 27, 1913, p. 1021-1028.
(3) *Bull. Torrey Bot. Club*, 61, 1934, p. 241-248.

à son rôle comme aliment, à l'exclusion de tout effet stimulant, catalytique ou autre.

Les données exposées dans cette Note tendent à montrer que le rôle joué par le zinc dans l'alimentation de *Rhizopus nigricans* est celui d'un catalyseur dans la production d'acide fumarique.

Le milieu de culture était une solution de composition suivante : 2,5 pour 100 glucose anhydre; 0,2 pour 100 $(NH^4)^2 SO^4$; 0,05 pour 100 $MgSO^4$, $7H^2O$; 0,05 pour 100 K^2HPO^4, répartie en portions de 200^{cm^3} en des fioles Erlenmeyer; on ajoutait dans un certain nombre de fioles une solution de $ZnSO^4$, $7H^2O$, à 5 et 15^{mg} par litre. On stérilisait et ensemençait avec 0^{cm^3},5 d'une suspension étendue des spores de l'organisme, cultivé en milieu dépourvu de zinc. On gardait les cultures à l'étuve à 28° pendant trois jours. On ajoutait alors 5^g de $Ca\,CO^3$ stérile; on agitait les fioles plusieurs fois par jour pour assurer la neutralisation de l'acide tout en prenant soin de ne pas déranger la membrane formée. On effectuait les dosages aux septième et onzième jours de culture.

Effet du zinc sur Rhizopus nigricans.

$ZnSO^4$, $7H^2O$ (mg par litre)	0.		5.		15.	
Jours d'incubation	7.	11.	7.	11.	7.	11.
Glucose consommé (mg)	3,097	4,702	4,261	5,088 ([a])	3,061	5,088 ([a])
Acide fumarique produit (mg)	1,336	2,349	511	452	542	439
Transformation de glucose en acide (%)	43	50	12	9	18	9
NH^3—N consommé (mg)	20	31	66	82	65	81
Calcium total en solution (mg)	493	760	315	338	449	333
Calcium en solution, à cause des acides organiques (mg)	465	716	221	220	355	217
Calcium en solution, à cause de l'acide fumarique (%)	99	113 ([b])	80	71	53	70
Carbone utilisé pour la synthèse cellulaire (%)	14,6	14,8	34,6	36,3	47,7	35,8

([a]) Tout le sucre est consommé.

([b]) La valeur excessive est due à l'incomplète neutralisation de l'acide par le $CaCO^3$. Les recherches ultérieures ont montré que c'était équivalent à 100 %.

L'effet du zinc le plus marqué se traduit par le mode d'utilisation de l'énergie par le champignon, mesuré par le taux de consommation du sucre, l'assimilation de l'azote et la production d'acide fumarique. Les cultures renfermant du zinc poussaient trois fois plus vite, à en juger par l'assimilation de l'azote, c'est dire par la synthèse cellulaire. L'allure de la consommation du sucre se trouvait également accélérée, mais cette accélération était moins sensible que la stimulation de la végétation.

Il faut chercher l'explication de la nature de l'effet spécifique du zinc dans les données sur la production d'acide : aussitôt le zinc ajouté, cette production tombait visiblement. En l'absence de zinc, une partie considérable de glucose consommée, ordinairement 44 pour 100, était transformée en acide fumarique, tandis qu'en présence du zinc l'acide produit ne constituait que 1/6 à 1/3 de cette quantité.

Ces résultats laissent conclure que le zinc permet au *Rhizopus* d'utiliser ses matières alimentaires d'une façon plus complète. La majeure partie du carbone sous forme d'acide fumarique subit, en présence du zinc, une oxydation complète, avec libération d'un supplément d'énergie. Ainsi le zinc semble jouer le rôle de catalyseur dans le métabolisme de *Rhizopus;* même des traces infimes de cette substance suffisent pour accélérer et augmenter la destruction et l'oxydation du glucose. A l'accroissement de la libération d'énergie par l'effet catalytique, correspond une augmentation du carbone utilisé en vue des processus plastiques des cellules. L'efficacité de l'utilisation du carbone exprimée par le rapport, carbone des matières cellulaires sur carbone du glucose consommé, se trouve augmentée de 250 à 300 pour 100 en présence du zinc. Sans cet élément l'acidité totale était due à l'acide fumarique, tandis qu'en présence du zinc le taux de cet acide ne dépassait pas 70 à 80 pour 100 (dans un cas même 53 pour 100) des acides formés. Autrement dit, le zinc provoque la formation d'une quantité considérable d'un autre acide non encore identifié. Parmi plusieurs substances éprouvées jusqu'à ce jour, le zinc seul produit les changements qu'on vient de décrire; il s'agit donc, comme le disait M. Javillier ([4]), d'un effet spécifique du zinc.

On a trouvé, dans d'autres expériences, que dans des cultures dépourvues de fer et de zinc il n'y a pas formation de spores; la végétation présente un maigre mycélium aérien, tandis qu'en présence de ces métaux on obtient une couche épaisse de mycélium à sporulation profuse.

Le zinc serait bien un aliment dans le sens que Steinberg donne à ce terme, puisque la végétation en dépend, mais le rôle joué par ce métal dans la nutrition du champignon n'est pas définie par cet auteur. Pourtant le terme « aliment » ne nous indique pas le vrai rôle d'une substance dans les processus nutritifs d'un organisme, plastique ou fonctionnel, c'est-à-dire qu'elle est utilisée par l'organisme dans la synthèse de ses matières cellulaires ou bien qu'elle est physiologiquement indispensable dans les processus de transformation. Les catalyseurs constituent cette dernière catégorie,

([4]) *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 1551.

leur présence étant liée à une activité ou réaction spécifique de la matière cellulaire. Selon Buromsky ([5]), la potasse et la magnésie agissent sur la nutrition d'*Aspergillus niger* d'une manière double : comme aliments et stimulants ; le poids sec et le coefficient métabolique montent par addition de 0,1 à 0,5 pour 100 de potasse et de magnésie, tandis que le coefficient respiratoire baisse. Cet effet ressemble à celui du zinc.

Parmi les métaux lourds, l'effet du zinc sur la végétation et l'alimentation de *Rhizopus* est nettement du type fonctionnel ou catalytique. S'il était de nature plastique, il augmenterait le taux de la consommation du glucose, mais sans changer le mode d'utilisation de la molécule du sucre : c'est-à-dire, que la production d'acide par unité de sucre serait restée inchangée. On trouve au contraire que le glucose est consommé plus complètement en présence du zinc : la proportion transformée en acides diminue, tandis que la plus grande partie est utilisée pour la production de l'énergie ainsi que consommée pour la synthèse cellulaire. Le zinc produit non seulement un changement qualitatif : la présence d'un autre composé acide dû à la présence du zinc démontre que cet élément cause une modification dans les processus métaboliques. A cause de cet effet spécifique du zinc on est justifié en le désignant comme « catalyseur biologique ». Les autres métaux lourds, fer, cuivre, molybdène, manganèse, peuvent bien être des éléments nécessaires pour le développement de *Rhizopus*, mais le zinc est le seul qui soit capable d'exercer l'effet spécifique physiologique qui vient d'être décrit.

CORRESPONDANCE.

ALGÈBRE. — *Sur une hypothèse de M. E. Lasker relative aux idéaux polynomiaux*. Note ([1]) de M. ÉDOUARD BATSCHELET, transmise par M. Jacques Hadamard.

Soit A un idéal polynomial homogène ([2]) dans le domaine $K[x_1, \ldots, x_n]$ (comme tous les idéaux considérés dans la suite), le corps K des coefficients

---

([5]) *Microbiologia* (U. R. S. S.), 5, 1936, p. 800-811.

([1]) Séance du 29 août 1938.

([2]) Cf. par exemple WAERDEN, *Moderne Algebra*, 2, 1931, p. 51-85, en particulier p. 54.

étant celui des nombres complexes. Alors la *fonction caractéristique de Hilbert* pour A ([3]) est le nombre $\chi_A(d)$ des formes de dimension d en $K[x_1, \ldots, x_n]$ qui sont, mod A, linéairement indépendantes. $\chi_A(d)$ est d'après *Hilbert* un polynome en d (pour $d > d_0$), dont le degré est la dimension de la variété algébrique définie par l'idéal. La fonction caractéristique n'a été calculée que dans quelques cas spéciaux ([4]).

M. Lasker a eu l'idée d'employer un opérateur H_A pour la détermination de $\chi_A(d)$: soit Δ l'opérateur de différence défini par

$$\Delta f(d) = f(d) - f(d-l).$$

Alors $H_A = \alpha_0 + \alpha_1\Delta + \alpha_2\Delta^2 + \ldots$ est l'opérateur qui satisfait à la relation

$$\chi_A(d) = H_A\varphi(d), \tag{1}$$

où $\varphi(d) = \binom{d+n-1}{n-1}$ est le nombre des formes linéairement indépendantes de dimension d, dans le domaine $K[x_1, \ldots, x_n]$. H_A est univoquement défini par (1) à des termes accessoires, de dimensions supérieures au degré de $\varphi(d)$ près. Dans certains cas particuliers, M. Lasker a réussi à calculer explicitement H_A.

M. Lasker a de plus émis, à ce sujet, l'*hypothèse* suivante ([5]) : *soient* A *et* B *deux idéaux relativement premiers; par la relation*

$$H_{(A,B)} = H_A H_B, \tag{2}$$

on déduit l'opérateur $H_{(A,B)}$ *du plus grand commun diviseur* (A, B) *de* A *et* B.

M. Lasker définit les idéaux *relativement premiers* A et B de la manière suivante :

1° Soient d'abord A et B deux idéaux primaires et a et b les dimensions des variétés algébriques définies par A et B. Si la variété définie par (A, B) a la dimension minimale $a + b - n + 1$ ou -1 ([6]) (n nombre des variables), A et B sont dits relativement premiers.

([3]) HILBERT, *Math. Ann.*, 36, 1890, p. 473-534, ou *Oeuvres*, 2, p. 199-257.

([4]) HILBERT, *loc. cit.*, Chap. IV; E. LASKER, *Math. Ann.*, 60, 1905, p. 20-116; F. S. MACAULAY, *ibid.*, 74, 1913, p. 112-121; A. HURWITZ, *ibid.*, 79, 1919, p. 313-320, ou *Oeuvres*, 2, p. 632-640; A. OSTROWSKI, *Abh. a. d. math. Seminär d. Hamburg. Univ.*, 1, 1922, p. 281-326.

([5]) Pages 111-112 du Mémoire cité de Lasker, dans lequel ont été posés les fondements de la théorie moderne des idéaux.

([6]) Ce dernier signe au cas où les deux variétés algébriques n'ont aucun point commun.

2° En général A et B sont relativement premiers, si tous les composants primaires de A sont relativement premiers par rapport à tous les composants primaires de B.

Or nous allons montrer, sur un exemple, que *l'hypothèse de M. Lasker n'est pas exacte.*

Soit, dans le domaine $K[x_1, \ldots, x_n]$, $n \geqq 5$, A l'idéal premier $(x_1 - x_4, x_2 - x_3)$ et B le plus petit commun multiple des idéaux premiers (x_1, x_2) et (x_3, x_4). A et B sont évidemment relativement premiers. Nous allons utiliser le théorème suivant de M. Lasker ([7]), particularisé pour notre but :

Soit M *un idéal quelconque et* (f) *un idéal principal, où* f *est une forme linéaire. Si* $M : (f) = M$, *on a* $H_{(M,f)} = \Delta H_M$, *sinon* $H_{(M,f)} \neq \Delta H_M$.

On en tire d'abord $H_A = \Delta^2$ et, d'après l'hypothèse de M. Lasker, $H_{(A,B)}$ serait égal à $\Delta^2 H_B$.

D'autre part considérons successivement les opérateurs des idéaux

$$B = [(x_1, x_2), (x_3, x_4)], \qquad C = (x_2 - x_3, B), \qquad (A, B) = (x_1 - x_4, C).$$

D'après un théorème bien connu ([8]), on a $B : (x_2 - x_3) = B$ et, d'après le théorème cité de M. Lasker, $H_C = H_{(x_2-x_3,B)} = \Delta H_B$. Si nous pouvons montrer que $C : (x_1 - x_4) \neq C$ et que, par conséquent,

$$H_{(A,B)} = H_{(x_1-x_4,C)} \neq \Delta H_C = \Delta^2 H_B,$$

la démonstration sera faite.

Or on a

$$(x_2 + x_3)(x_1 - x_4) = (x_2 - x_3)(x_1 + x_4) + 2(x_1 x_3 - x_2 x_4)$$
$$\equiv 0 \bmod \{x_2 - x_3, [(x_1, x_2), (x_3, x_4)]\} \equiv 0 \bmod C,$$

donc, par définition du quotient, $x_2 + x_3 \equiv 0 \bmod [C : (x_1 - x_4)]$. Donc, puisque B ne contient aucune forme linéaire et que les seules formes linéaires de C sont les multiples de $x_2 - x_3$, on conclut immédiatement $x_2 + x_3 \not\equiv 0 \bmod C$, donc $C : (x_1 - x_4) \neq C$. C. Q. F. D.

([7]) *Loc. cit.*, Satz VIII, p. 54.

([8]) Si l'idéal N n'est divisible par aucun idéal premier associé à l'idéal M, on a $M : N = M$. Cf. par exemple Waerden, *loc. cit.*, p. 41.

CALCUL DES VARIATIONS. — *Sur les équations de Haar relatives au Calcul des Variations.* Note [1] de M. **Paul Gillis**, transmise par M. Jacques Hadamard.

M. De Donder nous a fait remarquer que l'équation de Haar, relative au problème

$$(1)\qquad I[z]=\iint_D F(x,\,y,\,z,\,z_x,\,z_y,\,z_{xx},\,z_{xy},\,z_{yx},\,z_{yy})\,dx\,dy=\text{minimum},$$

que nous avions donnée [2], était incomplète [3]. Nous nous proposons ici de rectifier le résultat obtenu.

Nous supposerons le domaine D simplement connexe et limité par une courbe rectifiable, la fonction F, ainsi que ses dérivées partielles du premier ordre par rapport à z, z_x, ..., z_{yx}, z_{yy}, définie et continue en tout point de D et pour toute valeur de la fonction $z(x, y)$, supposée de *classe* C^2. Nous pouvons admettre que le domaine D se réduise au rectangle $a\leqq x\leqq a'$, $b\leqq y\leqq b'$. En désignant par $\zeta(x,y)$ une fonction quelconque de classe C^2, s'annulant, ainsi que ses dérivées premières, sur la frontière de D, la variation première de (1) peut s'écrire

$$\delta I[z]=\iint_D (F_z\zeta+F_{z_x}\zeta_x+F_{z_y}\zeta_y+F_{z_{xx}}\zeta_{xx}+F_{z_{xy}}\zeta_{xy}+F_{z_{yx}}\zeta_{yx}+F_{z_{yy}}\zeta_{yy})\,dx\,dy.$$

Nous posons $\zeta(x, y)=X(x)\,Y(y)$, X et Y étant des fonctions arbitraires de classe C^2 satisfaisant aux conditions

$$X(a)=X(a')=X'(a)=X'(a')=0\qquad\left(X'=\frac{dX}{dx}\right),$$

$$Y(b)=Y(a')=Y'(b)=Y'(b')=0\qquad\left(Y'=\frac{dY}{dy}\right).$$

La variation première peut alors se mettre sous la forme

$$\delta I[z]=\int_a^{a'} X''\left\{\int_b^{b'} Y''\Phi(x,\,y)\,dy\right\}dx\qquad\left(X''=\frac{d^2X}{dx^2},\ Y''=\frac{d^2Y}{dy^2}\right),$$

---

(1) Séance du 29 août 1938.

(2) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1538-1540. Nous utilisons ici les mêmes notations.

(3) MM. Faquet et Benedictus, qui ont vérifié nos précédents calculs, ont retrouvé l'équation aux extrémales de *classe* C^3 du problème considéré (cf. Remarque 2°).

où

$$\Phi(x, y) = \Phi^1(x, y) + \Phi^2(x, y),$$

$$\Phi^1(x,y) = -\int_a^x \int_b^y \left\{ \int_b^\eta \left[F_{z_x}[\xi, \eta'] - w_y[\xi, \eta'] \right] d\eta' \right\} d\xi \, d\eta + \int_b^y \left\{ \int_b^\eta F_{z_{xx}}[x, \eta'] \, d\eta' \right\} d\eta + \int_a^x \int_b^y [\xi, \eta] \, d\xi \, d\eta,$$

$$\Phi^2(x,y) = -\int_a^x \int_b^y \left\{ \int_a^\xi \left[F_{z_y}[\xi', \eta] - w_x[\xi', \eta] \right] d\xi' \right\} d\xi \, d\eta + \int_a^x \int_b^y F_{z_{xy}}[\xi, \eta] \, d\xi \, d\eta + \int_a^x \left\{ \int_a^\xi F_{z_{yy}}[\xi', y] \, d\xi' \right\} d\xi,$$

avec $2 w_{xy} = F_z$.

Nous pouvons énoncer les propositions suivantes :

Lemme I. — *Toute fonction $z(x, y)$, de classe C^2, annulant la variation première de* (1), *est solution de l'équation*

$$(2) \quad \int_c \left\{ \left[\frac{\partial \Phi^1}{\partial y} - \frac{1}{b - b'} [\Phi(x, b) - \Phi(x, b')] \right] dy - \left[\frac{\partial \Phi^2}{\partial x} - \frac{1}{a - a'} [\Phi(a, y) - \Phi(a', y)] \right] dx \right\} = \iint_{(c)} \frac{1}{(b - b')(a - a')} [\Phi(a', b) + \Phi(a, b') - \Phi(a', b')] \, dx \, dy,$$

c désignant un contour rectifiable et fermé, quelconque de D [4].

Lemme II. — *Réciproquement, si $z(x, y)$ est une solution de classe* C^2, *de l'équation* (2), *elle annule la variation première de* (1).

Il en résulte que (2) *est l'équation aux extrémales de classe* C^2 *de* (1).

Remarques. — 1° Le résultat subsiste lorsque nous supposons seulement les dérivées secondes de la fonction $z(x, y)$ bornées et mesurables.

2° Lorsque $z(x, y)$ est de classe C^3, nous pouvons substituer à l'équation d'Euler-Lagrange l'équation

$$\int_c \left\{ \left(F_{z_x} - \frac{d}{dx} F_{z_{xx}} - \frac{d}{dy} F_{z_{xy}} \right) dy - \left(F_{z_y} - \frac{d}{dx} F_{z_{xy}} - \frac{d}{dy} F_{z_{yy}} \right) dx \right\} = \iint_{(c)} F_z \, dx \, dy.$$

3° La méthode suivie s'applique aussi au cas général.

---

(4) Remarquons que l'équation (7) de la Note citée ci-dessus, n'est autre que

$$\int_c \frac{\partial \Phi^1}{\partial y} dy - \frac{\partial \Phi^2}{\partial x} dx = 0.$$

D'une manière générale, (a, b), (a', b') représenteront les coordonnées de deux points quelconques du domaine D.

ÉLECTRICITÉ. — *L'emploi de redresseurs secs pour la production de hautes tensions continues.* Note [1] de MM. **Georges-Albert Boutry** et **Raymond Zouckermann**, transmise par M. Aimé Cotton.

A propos d'une récente Note de M. R. Planiol portant le titre ci-dessus [2], nous croyons utile de signaler que nous avons fait réaliser, en collaboration avec M. Bajon, un générateur de haute tension (100000 volts, 10 milliampères) destiné à la diffraction électronique. Les études relatives à cet appareil ont commencé en 1937; l'appareil lui-même est terminé depuis mai 1938 et en service depuis juillet 1938.

Il est constitué par un transformateur statique 120 volts/57000 volts alimentant un dispositif doubleur de tension, avec deux blocs redresseurs à cuivre/oxyde de cuivre et deux condensateurs de $0^{\mu F},160$. Tout l'ensemble est placé dans un même bac d'huile.

Les ondulations du courant, mesurées à l'oscillographe cathodique, ont une amplitude $\pm 0,25$ pour 100 à 100000 volts, $\pm 0,8$ pour 100 à 20000 volts, pour un débit de 10 milliampères. A l'essai, l'appareil a pu débiter 10 milliampères sous 120000 volts pendant une minute. Au cours d'un fonctionnement d'une durée de 5 heures consécutives, l'élévation de température de l'huile n'a pas dépassé 4°C.

Un générateur de 500000 volts débitant 10 milliampères, et fonctionnant suivant le même schéma, est en cours d'achèvement.

Les deux appareils feront prochainement l'objet d'une description détaillée.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *L'étoile quadruple* 59 *Serpent.* Note de M. **Raymond Tremblot**, présentée par M. Ernest Esclangon.

L'étoile *d* 59 Serpent [1], observée comme double visuelle depuis plus d'un siècle, accuse un mouvement orbital très lent. Le *Draper Catalogue* [2] lui assigne un spectre composite, réunissant les particularités des

---

[1] Séance du 12 septembre 1938.
[2] *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 323.

[1] Σ 2316. Magnitudes visuelles 5,5 et 7,8; distance 3″8.
[2] *Harvard Annals*, 56, 1912, p. 108.

types Ao et G, mais les spectrogrammes utilisés, obtenus au prisme-objectif, ne permettent pas de préciser si ces caractères s'appliquent à la composante la plus brillante ou à l'ensemble. Des fluctuations d'éclat, notées par certains observateurs, mais non confirmées par la suite, ont fait classer l'étoile principale parmi les variables irrégulières.

Celle-ci constitue effectivement un système double spectroscopique, comme l'ont reconnu Frost et Lee ([3]) à la suite de neuf mesures de vitesse radiale, exécutées de 1903 à 1909 à l'Observatoire Yerkes. D'autres déterminations ont été poursuivies depuis à l'Observatoire Lick ([4]) et, tout récemment, à celui de Victoria ([5]), mais leur groupement ne permet pas encore le calcul de l'orbite, dont l'excentricité paraît notable et la période assez longue. Toutes concernent une seule composante, montrant une quinzaine de raies spectrales mesurables avec précision.

Nous avons obtenu 12 spectrogrammes de cet astre, à la station de Haute-Provence de l'Observatoire de Paris, le 15 juillet et les 2, 3, 4, 5, 7 et 8 août 1938. Leur dispersion est de 16 Å par millimètre vers 3930 Å, la région de bonne définition s'étendant au proche ultraviolet jusqu'à 3860 Å. Seule l'étoile la plus brillante du système visuel était reçue par la fente. Les clichés obtenus dans ces conditions montrent tous les caractères décrits dans le *Draper Catalogue*, la répartition du rayonnement et l'intensité relative des raies correspondant bien à la superposition des spectres d'une étoile de type Ao et d'une autre, sensiblement moins brillante, de classe G.

Tandis que les raies du fer et des éléments présents dans le type G, noyées dans un fond continu intense, accusent une vitesse radiale à peu près constante pendant tout l'intervalle des observations, la raie [K] du calcium se dédouble périodiquement en deux constituantes, d'intensités sensiblement inégales, bien définies et faciles à mesurer. Celles de l'hydrogène montrent également des variations de structure à caractère périodique, mais sans permettre en général de mesures satisfaisantes.

Il apparaît ainsi que les déterminations de vitesse radiale précédemment publiées ne peuvent concerner que la composante G, celle de type Ao étant elle-même un double spectroscopique de période plus courte, observable au moyen de la seule radiation [K]. Cette particularité s'explique

---

([3]) *Astrophysical Journal*, **30**, 1909, p. 66.

([4]) *Lick Observatory Publications*, **16**, 1928, p. 269.

([5]) *Publications of the Dominion astrophysical Observatory*, **7**, 1938, nº **1**, p. 72.

aisément par l'existence des larges bandes du calcium dans le spectre des étoiles du type solaire.

La moyenne des mesures de vitesse radiale sur les raies du fer de la composante G, effectuées du 2 au 8 août 1938, est de — 39,9 km/sec. Les valeurs relatives au couple de type Ao se trouvent en bon accord avec les éléments approximatifs suivants, exprimés avec les notations habituelles :

P...........	1,85 jours	V_0........	— 2 km/sec
T...........	1938 août 3,46	$a_1 \sin i$.....	2,1 10^6 km/sec
E............	0	$a_2 \sin i$.....	2,8 10^6 km/sec
K_1...........	85 km/sec	$m_1 \sin^3 i$....	0,8 ⊙
K_2...........	110 km/sec	$m_2 \sin^3 i$....	0,6 ⊙

La date indiquée est celle du maximum de vitesse radiale de la composante I. D'après l'aspect de la raie [K] dédoublée, l'étoile la plus massive est également la plus brillante.

Les variations de vitesse déjà observées sur la composante G, dont l'amplitude dépasse 60 km/sec, ainsi que la différence de 38 km/sec, entre la valeur notée ici et la vitesse du centre des masses du système à courte période, montrent que 59 Serpent doit être considérée comme une étoile quadruple, comportant 3 corps en mouvement rapide accessibles dans de bonnes conditions aux mesures spectroscopiques. De très nombreuses observations seront nécessaires à son étude complète.

Rien, jusqu'ici, ne conduit à une interprétation des variations d'éclat constatées autrefois, auxquelles une période de 8,72 jours avait été assignée. Ni l'aspect des spectrogrammes, ni la faible valeur des masses apparentes ne correspond à un système à éclipses, à moins d'admettre d'importants déplacements du plan de l'orbite indiquée ici.

59 Serpent constitue le quatrième exemple ([6]) d'une étoile appartenant au type composite de la classification de Harvard, reconnue comme triple spectroscopique et montrant les raies de plusieurs composantes; une étude systématique de ces astres, jusqu'à la magnitude 8 à 9, dans la région spectrale des raies [H] et [K] permettrait vraisemblablement la découverte d'une grande variété de systèmes stellaires multiples.

([6]) Avec β Capricorne, 113 Hercule et 52 Persée.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Pouvoir rotatoire magnétique de l'acide fluorhydrique.* Note [1] de MM. **René de Mallemann** et **François Suhner**, transmise par M. Aimé Cotton.

Des considérations théoriques avaient conduit l'un de nous [2] à prévoir que la rotation magnétique de l'atome ou de l'ion *fluor* devait être inférieure au pouvoir rotatoire de l'atome d'hydrogène, donc excessivement petite. Si cette hypothèse est exacte, le pouvoir rotatoire magnétique de l'acide fluorhydrique dissous dans l'eau, doit être aussi très faible, car la rotation de l'*ion* hydrogène est quasi nulle, comme l'ont montré la discussion des nombres obtenus par Perkin pour HCl, HBr, HI, SO^4H^2, NO^3H, et nos propres observations sur les solutions salines. Il importait de vérifier cette déduction par une mesure directe, de manière à donner une base solide au calcul des pouvoirs rotatoires ioniques.

Les observations ont été faites dans un tube de 50^{cm}, fermé par des glaces de *fluorine* (voir plus loin). La solution aqueuse de HF a été dosée; sa densité a été déterminée par deux méthodes : 1° pesée directe, dans un flacon jaugé dont l'intérieur avait été soigneusement paraffiné; 2° emploi de la balance hydrostatique, avec un plongeur en platine suspendu à un fil de platine fin.

Les résultats sont les suivants :

1. Titre de la solution, τ, 40,2 (en poids).
2. Densité : 1re méthode, $d_{20/20}$ 1,145; 2ème méthode, $d_{20/20}$ 1,146.
3. Rotations de la solution par rapport à l'eau, à 20° :

$\lambda^{m\mu}$ 578.	546.	436.
0,760	0,76 (5)	0,76 (0)

4. Rotation spécifique de la solution (λ $578^{m\mu}$), $[A]_\tau$ 2,65.10^{-6} (radians).
5. Rotation spécifique extrapolée à 100 pour 100, $[A]$ 0,65.10^{-6} (radians).
6. Rotation moléculaire de HF, $[A]_M$ 1,30.10^{-5} (radians).

La rotation moléculaire de l'acide fluorhydrique n'atteint pas le cinquième de la rotation moléculaire de l'eau; (les dispersions sont sensiblement les mêmes); seules lui sont inférieures la rotation atomique du néon et, vraisemblablement, de l'hélium.

---

(1) Séance du 12 septembre 1938.

(2) R. de Mallemann, *Bull. Soc. fr. Physique*, 7e série, 4, 1933, p. 50.

Le tableau ci-dessous fait ressortir cette conclusion :

Corps............	Néon (gazeux).	HF (dissous).	H^2 (gazeux).	H^2O (liquide).
$[A]_M$ (λ $578^{m\mu}$)....	$0,70.10^{-5}$	$1,30.10^{-5}$	$3,95.10^{-5}$	$7,15.10^{-5}$

On sait d'autre part que les pouvoirs rotatoires de HCl, HBr, HI, dissous dans l'eau, sont au moins *doubles* des pouvoirs rotatoires de ces mêmes corps dans l'état anhydre; à supposer qu'il en soit de même pour HF, la rotation *atomique* du fluor serait nettement négative.

Dans tous les cas, la rotation de l'*ion* $\bar{F}$ est très petite, du même ordre de grandeur que celle de l'*ion* $\overset{+}{H}$ (³). Corrélativement, le pouvoir rotatoire des fluorures métalliques doit être très peu supérieur à celui du cation. Nous avons pu le vérifier à partir de la fluorine elle-même, puisque l'observation de HF impliquait la mesure des rotations des glaces de fermeture du tube.

Nous avons trouvé, pour CaF^2(d3,184), $[A]_M 7,0.10^{-5}$, ce qui donnerait pour $\overline{Ca}$ une rotation voisine de $6,0.10^{-5}$, qui concorde avec la valeur déduite de l'observation des sels de Ca dissous. Même conclusion pour KF ($9,0.10^{-5}$), étudié par F. Guillaume.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la résorcine sur les bichlorhydrates des alcaloïdes du quinquina*. Note de MM. **Max Rossignol** et **André Riboulleau**, présentée par M. Marcel Delépine.

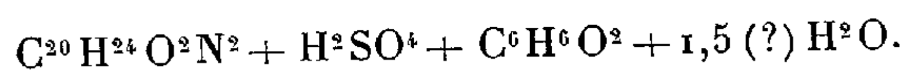
Divers auteurs (¹) ont indiqué que les phénols pouvaient se combiner avec les sels des alcaloïdes du quinquina en fournissant dans tous les cas des produits bien définis. Malin (²) a montré que le sulfate neutre de quinine se combinait avec la résorcine, molécule à molécule, pour donner

(³) Parmi les cations métalliques, $\overset{+++}{Al}$ possède une rotation nulle ou légèrement négative.

(¹) Hlasiwetz, *J. für prakt. Chemie*, 1ère série, **97**, 1866, p. 156; *Jahresb. üb. die Forschritte der Chemie*, 1865, p. 594; Hlasiwetz et Barth, *Liebig's Ann.*, **134**, 1865, p. 290; Jobst et Hesse, *ibid.*, **180**, 1876, p. 249; Hesse, *ibid.*, **181**, 1876, p. 53; Béhal et Desvignes, *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, **9**, 1893, p. 147; Tomcsik, *Journ. Pharm. Chim.*, 8e série, **11**, 1930, p. 101.

(²) *Liebig's Ann.*, **138**, 1866, p. 77.

un corps de formule



$$C^{20}H^{24}O^{2}N^{2} + H^{2}SO^{4} + C^{6}H^{6}O^{2} + 1,5\,(?)\,H^{2}O.$$

Nous exposons l'étude des combinaisons fournies par la résorcine avec les bichlorhydrates de quinine, quinidine, cinchonine et cinchonidine.

La préparation de ces corps s'effectue par dissolution dans l'eau distillée du bichlorhydrate de la base et de résorcine, molécule à molécule. La réaction s'effectue dès la température ordinaire avec dégagement de chaleur. On chauffe au B.-M. jusqu'à dissolution totale. La solution, de couleur jaune paille, est filtrée à chaud et abandonnée à la cristallisation spontanée pendant un temps suffisant, variable avec l'alcaloïde. Les cristaux, purifiés par recristallisation en milieu aqueux, sont recueillis et séchés à l'air.

Les produits obtenus sont toujours très bien cristallisés : longs prismes incolores dans le cas de la quinidine; longues aiguilles incolores à reflet moiré dans le cas de la quinine, de la cinchonine et de la cinchonidine. D'après M. Gaudefroy les aiguilles obtenues avec le sel de quinine sont orthorhombiques, un peu aplaties suivant un plan de symétrie $p(001)$. Les extrémités non brisées sont terminées par deux facettes perpendiculaires à la précédente et symétriques $m(110)$ qui font entre elles un angle de 140°. L'indice de réfraction $n_g = 1,69$ est celui de la vibration parallèle à la direction d'allongement des aiguilles; $n_p = 1,605 \pm 0,003$ est l'indice de la vibration perpendiculaire à la précédente dans la face p. L'angle des axes est grand.

Tous ces sels ne sont ni hygroscopiques ni efflorescents. L'air et la lumière ne modifient pas l'aspect des sels de quinine et de quinidine, mais colorent progressivement en jaune brun faible les combinaisons de cinchonine et de cinchonidine.

Par court séjour à l'étuve à 95-100° les cristaux obtenus avec quinidine et chinchonine conservent leur forme sans modification d'aspect; les cristaux obtenus avec quinine et cinchonidine conservent leur forme, mais perdent leur reflet moiré et deviennent opaques. Si le séjour à l'étuve se prolonge, les combinaisons de cinchonine et cinchonidine jaunissent; l'on observe, en outre, sur le verre de montre qui recouvre le cristallisoir la formation d'un léger voile blanc, dans lequel on peut caractériser la résorcine, pour les sels de quinidine et cinchonine.

Tous ces sels sont très solubles dans l'eau et dans l'alcool, en donnant une liqueur jaune paille qui, par concentration, restitue des cristaux incolores; sous l'action prolongée de l'air et de la lumière, les solutions

aqueuses de ces sels passent au jaune brun; ils sont insolubles dans le chloroforme, l'éther, le benzène.

100g de solution aqueuse saturée à 15° contiennent les poids de sels

Sels de			
quinine.	quinidine.	cinchonine.	cinchonidine.
20g,5	56g,7	72g,7	31g,2

Les solutions aqueuses de ces sels ne sont pas fluorescentes; ce n'est que par addition d'acide sulfurique dilué que l'on peut observer la fluorescence bleue pour les sels de quinine et de quinidine. La réaction de la thalléoquinine s'obtient avec les sels de quinine et de quinidine.

Les corps étudiés présentent les pouvoirs rotatoires suivants (à 15°, à 2 pour 100 dans l'eau) :

	[α]589.	[α]577.	[α]546.
Sel de quinine (avec 1 H^2O).......	−165°25′	−175°	−205°
» » quinidine (anh.)...........	+173 20	+202 55′	+236 15′
» » cinchonine (anh.).........	+150	+160 25	+181 15
» » cinchonidine (avec 1 H^2O)...	−150	−160 25	−181 15

Par dessiccation à poids constant à l'étuve à 95-100° ou dans le vide en présence de P^2O^5, seuls les sels de quinine et de cinchonidine ont perdu de l'eau de cristallisation.

Sel de quinine, trouvé H^2O °/₀ 3,48; calculé, pour B, 2HCl, $C^6H^6O^2$, H^2O, 3,43.
Sel de cinchonidine, trouvé H^2O °/₀ 3,70; calculé, pour B, 2HCl, $C^6H^6O^2$, H^2O, 3,64.
Pour le sel de quinine, l'analyse élémentaire du produit sec donne °/₀, C 61,7; H 6,2; N 5,65; Cl 13,9; la formule $C^{20}H^{24}O^2N^2$, 2ClH, $C^6H^6O^2$ exigeant C 61,6; H 6,3; N 5,5; Cl 14,0. L'analyse immédiate par des moyens convenables a d'ailleurs donné, pour le sel anhydre, quinine 64,0; résorcine 21,6, au lieu de 63,9 et 21,7 respectivement.

Les analyses effectuées sur les sels de quinidine, cinchonine et cinchonidine nous ont fourni des résultats aussi satisfaisants.

Nous pouvons attribuer aux produits décrits ci-dessus les formules d'addition

$C^{20}H^{24}O^2N^2$, 2HCl, $C^6H^6O^2$, H^2O pour le sel de quinine
$C^{20}H^{24}O^2N^2$, 2HCl, $C^6H^6O^2$ » quinidine
$C^{19}H^{22}ON^2$, 2HCl, $C^6H^6O^2$ » cinchonine
$C^{19}H^{22}ON^2$, 2HCl, $C^6H^6O^2$, H^2O » cinchonidine

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Sur des anomalies dilatométriques irrégulières dans les alliages cuivre-aluminium à environ* 12 *pour* 100 *d'aluminium.* Note de M. **André Boutillier**, présentée par M. Charles Mauguin.

Nous avons attiré l'attention (¹) sur le fait que les alliages cuivre-aluminium contenant de 7 à 16 pour 100 d'aluminium donnent lieu à certaines anomalies dilatométriques ne pouvant être reliées directement à une variation de la densité ou du coefficient de dilatation par une fonction linéaire comme il est habituel de le faire dans l'étude des alliages. Les unes sont fonction des forces extérieures en raison d'un état de plasticité particulier et nous en avons indiqué une méthode de séparation et d'étude. Les autres, indépendantes de ces forces, ont une amplitude très variable sans relation avec une variation de densité.

Tel est le cas des anomalies correspondant à la « transformation renversable » signalée dans ces alliages par MM. Portevin et Chevenard (²) en 1926 et que l'on aperçoit sur les courbes dilatométriques, en particulier sur les courbes obtenues par M. J. Bouldoires (³), anomalies dont le caractère particulier n'a pas été mis en évidence par ces auteurs.

Il s'agit en réalité d'une transformation caractéristique du constituant de trempe se traduisant par des anomalies dilatométriques d'une nature spéciale, comme le montrent les observations que nous avons pu faire à son sujet.

Les aspects du phénomène sont les suivants, décrits dans le cas des alliages à environ 12 pour 100 d'aluminium :

1° Une éprouvette, étudiée au dilatomètre différentiel de M. Chevenard avec étalon de ferronickel chromé, est amenée à l'état de solution β par chauffage au-dessus de 580°, puis on la laisse refroidir rapidement (four enlevé). On constate, après l'anomalie marquant la formation du constituant de trempe, un allongement rapide débutant vers 365° et se terminant entre 300° et 280°. C'est la transformation renversable au refroidissement, Tr. Ce cycle thermique conduit à un état bien défini : constituant de trempe unique, d'aspect et de propriétés physiques caractéristiques.

(¹) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 512.
(²) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1143.
(³) *Revue de Métallurgie*, 24, 1927, p. 357.

Un deuxième cycle thermique ne dépassant pas la température de 450°, décrit ensuite à vitesse quelconque, donne entre 400° et 450° une contraction rapide qui est la transformation à la chauffe, Tc, suivie au refroidissement de l'allongement Tr entre 370° et 280°. Une série de cycles identiques successifs montre la répétition de ces phénomènes, avec toutefois abaissement des limites de température de la transformation Tc à 330° et 400°. Cependant, le constituant de trempe se dissociant lentement au-dessus de la température de Tc, cette série ne peut être indéfiniment prolongée.

2° La même éprouvette, ramenée comme précédemment à l'état de solution β par chauffage au-dessus de 580° et soumise à un refroidissement plus lent (four maintenu en place), donne aux mêmes températures une transformation Tr se traduisant par une anomalie dilatométrique analogue à celle observée dans la première expérience, mais de signe contraire, c'est-à-dire une contraction. De même une série de cycles successifs ne dépassant pas 450° donne des anomalies de signe opposé à celui observé dans la série précédente.

Entre ces deux cas, où le constituant de trempe donne des anomalies de signes inverses selon la vitesse adoptée pour sa formation, sans qu'il puisse être perçu d'autre différence essentielle dans ses propriétés physiques, il ne semble pas exister une vitesse critique bien définie. Cette vitesse est en effet sensible à de faibles variations de composition au point de n'être pas forcément la même en tout point d'une même éprouvette. Elle varie avec les dimensions de l'éprouvette et ne paraît pas indépendante des cycles thermiques antérieurs. Si l'on cherche à la définir pour une éprouvette déterminée, en diminuant à chaque expérience la vitesse de refroidissement, on obtient un passage assez brusque du premier type d'anomalie au second par l'intermédiaire d'un type mixte où les anomalies des deux signes se trouvent superposées. La possibilité d'obtenir une anomalie d'un type déterminé subsiste jusqu'au moment où la transformation débute et même jusqu'à son achèvement pour la part encore non transformée : une éprouvette, refroidie jusqu'à la température de Tr à une vitesse qui conduirait à une transformation de type 2, donnera une transformation de type 1 si l'on accélère à ce moment le refroidissement.

L'importance des anomalies pour des éprouvettes différentes est variable (souvent de l'ordre de 1/1000, parfois beaucoup plus grande, parfois insensible). Pour une même éprouvette soumise à des cycles identiques

restituant l'état initial elle varie peu à peu. En même temps l'éprouvette se déforme en gardant une contraction ou un allongement résiduel.

On se trouve donc en présence d'un type d'anomalie dilatométrique spécial, caractéristique du constituant de trempe, paraissant correspondre à un phénomène défini mais dont l'aspect dilatométrique est irrégulier et ne peut conduire à une interprétation sûre. Il doit être étudié avec le secours d'autres méthodes.

Toutefois l'étude des courbes enregistrées au dilatomètre différentiel fournit une valeur approximative de la variation de volume spécifique au cours de la transformation (augmentation de 2,5 à 3/1000 pour Tc), car contrairement aux anomalies qui accompagnent Tc ou Tr et dont l'irrégularité ne permet aucune conclusion quant au signe et à la grandeur de la variation correspondante de densité, les anomalies dues aux transformations eutectoïde-solution β-constituant de trempe déterminent la densité de ce constituant au-dessus de 370° à partir de celle de l'eutectoïde. En effet leur interprétation ne paraît compliquée que par des déformations de plasticité auxquelles s'applique la méthode de séparation décrite dans une Note précédente ([1]).

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des argiles ligniteuses de Nassiet près Amou (Landes).* Note ([1]) de M. **Jean Viret**, transmise par M. Charles Jacob.

Sur la feuille d'Orthez il existe, entre le Stampien marin de Donzacq et les faluns helvétiens de Salespisse, un complexe argileux communément attribué au Burdigalien. Or, en cherchant à capter la source de Marchetnaou sur la commune de Nassiet, l'Ingénieur du génie rural de Pau, M. de la Source, a découvert l'an dernier, dans un niveau ligniteux de ces argiles, quelques dents d'*Anthracotherium*. Peu après M. L. Glangeaud m'adressait une mandibule du même animal rapportée de cet endroit. J'ai alors entrepris une petite fouille et en ai provoqué une deuxième. Grâce à M. R. Coudanne, une faunule a pu être recueillie. M. F. Daguin m'a demandé de l'étudier.

Voici la liste des Vertébrés de Nassiet :

Insectivores. — *Talpidæ* indét. Représenté par un tibia et un humérus, ce dernier

([1]) Séance du 5 septembre 1938.

conforme aux pièces des phosphorites attribuées jusqu'ici sans preuves suffisantes au genre *Amphidozotherium.* — *Erinaceidæ* indét. Deux fragments de mandibule ont appartenu à un Erinacéidé, peut-être à un *Necrogymnurus* Filh. — *Palærinaceus arvernensis* Blainv. sp., basé sur une grande prémolaire supérieure et un fragment de tibia.

Rongeurs. — *Sciurus* sp. nov. Je désigne ainsi provisoirement une grande espèce d'écureuil dont nous avons un humérus, un fémur, un calcanéum, une vertèbre caudale. Ses dimensions, qui sont les 7/5e de celles du *Sciurus Feignouxi* Pom. de l'Aquitanien, cadrent avec celles d'un *Sciurus* d'Armissan que nous possédons à Lyon, mais il faut attendre la découverte du système dentaire du rongeur de Nassiet pour pouvoir affirmer l'identité des deux grandes formes. — *Rodent.* indét. Un lot d'ossements de petite taille, qui peuvent être répartis sur trois ou quatre espèces différentes; aucun n'est assez typique pour pouvoir être déterminé génériquement.

Ongulés. — *Anthracotherium magnum* Cuv. Fragments de maxillaire et de mandibule d'un individu unique, de petite taille, probablement femelle. Des animaux bien semblables sont connus dans le Stampien inférieur du bassin de Mayence et surtout dans le Stampien moyen de Marseille et de Cadibona. — *Bachitherium* cfr *curtum* Filh. Quelques débris de squelette et une mandibule assez complète indiquent une mutation archaïque, de petite taille, du *B. curtum* du Stampien moyen. — *Cœnemeryx* aff. *procommunis* Filh. sp. Fragments de maxillaire et rares os d'un petit Cœnothéridé primitif. La dentition présente quelques légères différences avec le génotype, notamment dans le dessin des prémolaires supérieures (allongement relatif de P^1, faiblesse du talon de P^2, et par compensation raccourcissement de P^3 dont le tubercule externe est simple et non dédoublé). La taille est très comparable. J. Hürzeler a signalé dans le Stampien moyen de Marseille une forme affine, quoiqu'un peu plus évoluée. Mais c'est la première fois qu'un *Cœnomeryx* vrai est trouvé dans un gisement stratifié.

Oiseaux. — *Totanus?* — *Anas Blanchardi* Milne-Edw.

Reptiles. — Anguidé cf. *Propseudopus.* — Boidés, *Paleryx* sp.

Quant à l'âge du gisement, dans cette faunule, les Ongulés surtout permettent de conclure. Il s'agit de Stampien et même sûrement d'un niveau plus ancien que le Stampien supérieur. On ne peut encore trancher entre le niveau inférieur et moyen de l'étage. *Cœnomeryx* et *Bachitherium*, types archaïques, plaideraient plutôt pour le début du Stampien; mais ces formes sont rares dans les gisements stratifiés. D'autre part, le *Palærinaceus* tendrait à rajeunir le niveau.

De nouvelles recherches, difficiles par la situation des couches fossilifères au fond d'un ravin étroit et profond, vont être tentées. Une partie, sinon la totalité des argiles considérées comme burdigaliennes, se présente comme un faciès d'eau douce à porter en Stampien sur la prochaine édition de la Carte.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur quelques revêtements tourbeux de Haute Tarentaise.* Note [1] de M. **Georges Dubois** et Mme **Camille Dubois**.

Il s'agit de tourbes superficielles, épaisses seulement de $0^m,20$ à $0^m,30$, que nous avons récoltées en Tarentaise, près de Val d'Isère et de Tignes (Savoie), sur les pentes ou au bord de dépressions lacustres. Leur surface est actuellement un pré humide à Linaigrettes (*Eriophorum*) très abondantes. Aux alentours, la forêt est fort clairsemée, les bouquets de grands résineux étant plus en aval; il existe pourtant quelques beaux massifs de Mélèze (*Larix*), avec un peu d'*Alnus viridis*, jusque vers 2200^m.

Nos récoltes proviennent des localités suivantes : Savonnes du Joseray, pré tourbeux, rive gauche de la Calabourdane, vers 1890^m; Lac de Tignes, pré en bordure aval du lac, rive droite de son émissaire, vers 2085^m; Lac de l'Ouillette, petit amas tourbeux à la sortie de l'émissaire du lac, affluent du ruisseau des Lessières, vers 2514^m.

Quoique reposant sur des vases grises sablo-caillouteuses, ces tourbes sont assez pures, peu sableuses, légères et très feutrées; celles du lac de Tignes sont un peu plus compactes. Elles foisonnent toutes abondamment à l'attaque potassique.

Les restes figurés qu'on y observe sont essentiellement des débris de Cypéracées, surtout de *Carex*; les fragments de feuilles d'*Eriophorum* sont rares. En outre, figurent en abondance des spores de *Lycopodium* et des pollens de Composées. Nous n'avons observé aucun reste de Sphaigne.

Les *Pollens silvatiques* sont en général assez rares, avec des fréquences relatives de 13 à 43 (nombre de pollens comptés dans une préparation exécutée toujours de la même manière) [2].

Ils appartiennent aux formes présentées dans le tableau ci-après, avec leur pourcentage pour chacun des niveaux étudiés.

---

[1] Séance du 5 septembre 1938.

[2] Tandis que nous trouvons une fréquence relative de 6500, par exemple, dans une tourbe de Sturzelbronn (Moselle) que nous étudions en ce moment.

Provenances.	Profondeurs en cm.	Pourcentages polliniques.						Fréquences polliniques.
					Pinus			
		Abies.	*Alnus. viridis.*	*Larix.*	*mont.*	*Cembra.*	Total.	
Lac de l'Ouillette 2514m.	10	16	32	4	12	36	48	23
	20	35	25	7,5	20	12,5	32,5	40
Lac de Tignes 2085m.	0	16,5	27	27	23	6,5	29,5	30
	5	16	32	24	28	–	28	25
	15	23	46	23	8	–	8	13
	30	41	14	2	36	7	43	43
Pré du Joseray 1890m.	5	32	21	11	36	–	36	28
	20	22	14	14	50	–	50	14

Parmi ces formes, notons que le Sapin *Abies pectinata* D. C. a son aire d'extension plus bas que la région considérée. L'Aulne vert *Alnus viridis* D. C. (représenté par des pollens de 25µ, subsphériques, ponctués, à exine pâle, à pores en nombre variable, souvent 4 ou 5) vit dans la région, de même que le Mélèze *Larix Larix* L.

Le Pin est représenté par de gros pollens, à gros ballonnets; pour autant qu'on puisse en tenter une attribution spécifique qui reste toujours douteuse, nous avons cru pouvoir y distinguer deux formes assez nettes : des pollens de 78µ en moyenne du type Cembrot *P. Cembra* L. et d'autres de 70µ en moyenne du type Pin à crochets *P. montana* Mill., tous deux, arbres de montagne.

Nos analyses polliniques ne mettent pas en évidence une évolution forestière nette, ainsi qu'on s'en rendra compte par l'examen du tableau. Les spectres polliniques donnent une image assez fidèle de la silve actuelle du voisinage, et l'on peut admettre, pour ne prendre que l'exemple extrême, que les pollens du Lac de l'Ouillette sont amenés tout simplement des forêts les plus voisines, sises 300m plus bas.

Contre cette hypothèse simpliste, relevons pourtant l'abondance relative du Pin et surtout celle du Sapin. Ceci nous amène à envisager l'hypothèse d'un transport lointain, ou celle d'un transport ancien, à une époque où la forêt montait plus haut qu'aujourd'hui.

CHIMIE AGRICOLE. — *Influence du temps et des variations de température sur la teneur des sols agricoles en principes fertilisants solubles dans l'eau.* Note de M. **Désiré Leroux**, présentée par M. Maurice Javillier.

J'ai examiné [1], soit avec A.-Th. Schlœsing, soit seul, l'action de divers facteurs (dessiccation et échauffement, trituration, taux de CO^2, humidité) sur la production dans les sols agricoles ou la solubilisation dans l'eau imprégnant ces derniers de principes fertilisants essentiels, N nitrique, P^2O^5, K^2O.

Il m'a semblé qu'il y avait aussi intérêt à suivre pendant une assez longue période les variations de la teneur, en ces substances *solubles dans l'eau* (donc facilement absorbables par les racines des végétaux), de terres soumises aux oscillations naturelles de température ou maintenues à une température constante.

Technique. — J'ai expérimenté sur quatre sols différents, dont l'humidité a été portée et maintenue à 20 pour 100, taux voisin de l'optimum. De chacune de ces terres, j'ai pris un échantillon homogène (1000^g) qui a été divisé en deux lots identiques. Un de ces lots a été placé à l'extérieur du laboratoire, l'autre dans une enceinte dont la température se maintenait à 17-18°. Les sols ont été conservés dans des récipients convenables les mettant à l'abri de la dessiccation et d'un apport extérieur (NH^3) tout en leur assurant des conditions d'aération suffisantes. Des thermomètres dont le réservoir plongeait dans la terre indiquaient la température de cette dernière; dans les conditions de l'expérience celle-ci était en relation étroite avec la température extérieure dont les variations étaient notées par un thermomètre enregistreur.

Commencée le 24 novembre 1936, l'expérience a été prolongée jusqu'au 27 juillet 1937. Au début, au cours (1er avril 1937) et à la fin de cette dernière, j'ai prélevé un échantillon de chacun des lots mis en œuvre, échantillon dont j'ai préparé immédiatement l'extrait aqueux selon la technique que j'avais utilisée antérieurement et que je rappelle : agitation de la terre pendant une heure avec cinq fois son poids d'eau distillée *bouillie* (agitation réalisée au moyen d'un agitateur rotatif fonctionnant à une vitesse très réduite pour éviter tout phénomène d'usure), décantation du liquide, puis filtration à travers une bougie Chamberland. Dans cet extrait ainsi obtenu et parfaitement clair, j'ai dosé N nitrique, P^2O^5, K^2O ainsi que la quantité totale de matières minérales et de matières organiques dissoutes.

Résultats. — Voici les résultats obtenus, exprimés en milligrammes et rapportés à 1^{kg} de terre supposée sèche :

---

(1) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 649; **190**, 1930, p. 989; **203**, 1936, p. 117.

Température des sols maintenus à l'extérieur du laboratoire ([a]).	Résidu sec.	Matières minérales dissoutes.	Matières organiques dissoutes.	N nitrique.	P^2O^5.	K^2O.
Terre de Normanville (Seine-Inférieure) (limon des plateaux) pH 6,5.						
Au début de l'expérience (24 nov.)...	2265	1145	1120	68,5	1,0	25,8
A l'extérieur { 1er avril (I)...........	2555	1358	1197	93,5	0,8	24,9
A l'extérieur { 27 juillet (II)........	2706	1362	1344	106,0	1,0	24,0
A 17°-18° { I.....................	2618	1198	1420	115,5	0,7	20,3
A 17°-18° { II....................	2792	1262	1530	120,0	0,9	20,2
Terre du Vésinet (Seine-et-Oise) (diluvium des vallées) pH 7,2.						
Au début de l'expérience (24 nov.)...	1155	585	570	14,9	7,3	40,6
A l'extérieur { I.....................	1615	838	777	43,5	5,0	34,4
A l'extérieur { II....................	1881	826	1055	45,1	5,5	30,0
A 17°-18° { I.....................	1810	1004	806	34,7	4,0	38,8
A 17°-18° { II....................	1963	1076	887	56,2	4,6	33,2
Terre du Grand-Andely (Eure) (sur craie à micraster) pH 7,9.						
Au début de l'expérience (24 nov.)...	1340	1020	320	15,5	9,8	19,8
A l'extérieur { I.....................	1767	1321	446	38,7	7,7	18,9
A l'extérieur { II....................	1876	1306	570	40,8	8,5	18,6
A 17°-18° { I.....................	1836	1076	760	31,7	7,5	17,9
A 17°-18° { II....................	1901	1080	821	39,8	8,4	17,5
Terre de Chaussy (Seine-et-Oise) ([b]) (éboulis des pentes) pH 8,0.						
Au début de l'expérience (24 nov.)...	965	645	320	0,7	22,0	53,4
A l'extérieur { I.....................	1114	696	418	4,3	15,8	45,4
A l'extérieur { II....................	1200	803	397	8,0	16,2	44,0
A 17°-18° { I.....................	1296	835	461	14,3	14,8	44,2
A 17°-18° { II....................	1392	855	537	30,0	15,4	Dosage manqué

([a]) Du 24 novembre 1936 au 1er avril 1937, minimum $-1^\circ,2$; maximum $+13^\circ$; moyenne variant de $+5^\circ$ à $+9^\circ$. Du 1er avril 1937 au 27 juillet 1937, minimum $+11^\circ$; maximum $+32^\circ,5$; moyenne variant de $+17^\circ$ à $+22^\circ$.

([b]) Terre n'ayant pas reçu d'engrais et abandonnée à la végétation naturelle depuis plusieurs années.

Conclusions. — L'examen de ces résultats montre que, dans l'expérience réalisée : 1° la quantité totale de matières dissoutes a augmenté progressivement dans tous les lots avec le temps, cette augmentation étant due notamment à une solubilisation de la matière organique, apparaissant d'ailleurs plus importante dans les lots maintenus à température constante; 2° dans toutes les terres, la teneur en électrolytes s'est notablement élevée au début de l'expérience, puis s'est ensuite stabilisée; 3° l'allure de la nitrification a varié dans les différents types de terres; la quantité de N nitrique, qui a très largement crû dans la première période de l'expérience, a peu augmenté entre avril (réveil de la terre) (2) et juillet, sauf pour la terre de Chaussy initialement très pauvre. La stabilisation de la température à 17-18° n'a pas eu, en général, un effet très marqué; 4° les variations de température ont peu influé sur le taux de P^2O^5 et si ce dernier s'est légèrement abaissé au début (vraisemblablement par suite d'une consommation par les microorganismes), il ne s'est plus sensiblement modifié au cours de l'expérience, puisqu'il résulte « d'équilibres entre des actions chimiques complexes, tendant les unes à insolubiliser, les autres à faire passer en solution » (A.-Th. Schlœsing); 5° les dosages de K^2O n'ont révélé aucune action sensible des variations de température sur la solubilisation de ce principe fertilisant et ils ont confirmé notamment pour les sols les plus riches la rétrogradation avec le temps que j'avais mise en évidence antérieurement.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Mécanisme de la formation du polypide chez* Membranipora membranacea (*L.*). Note de M. **Georges Bronstein**, transmise par M. Charles Pérez.

La succession rigoureuse des processus aboutissant à la formation de la zoécie des Bryozoaires suggère un déterminisme précis, qu'il serait possible d'étudier par les méthodes de l'embryologie expérimentale.

On sait que le polypide subit une dégénérescence périodique aboutissant à la formation d'un *corps brun* et aussitôt suivie de la régénération d'un nouveau polypide. Certains auteurs (Haberlandt, Marcus) ont pensé que la prolifération des tissus reconstituant le polypide est précisément due à la présence du corps brun. Celui-ci diffuserait des nécrhomones mitogénétiques.

(2) A. Müntz et H. Gaudechon, *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 163.

J'ai étudié la dégénérescence expérimentale du polypide au moyen de procédés convergents.

1° Le polypide dégénère lorsque les conditions de vie deviennent défectueuses; ainsi l'asphyxie partielle, les agents toxiques tels que KCN, alcool, éther sulfurique, de même que l'inanition prolongée, amènent sa mort.

J'ai cherché à faire dégénérer prématurément de toutes jeunes ébauches polypidiennes pour obtenir un corps brun aussi petit que possible et diminuer de cette façon la dose des nécrhomones, à supposer que celles-ci existent réellement. J'ai néanmoins toujours observé la régénération d'un nouveau polypide. Fait remarquable, elle a lieu même si les causes qui ont produit la dégénérescence subsistent. Dans ce cas le régénérat avorte avant d'aboutir, mais aussitôt il s'en reforme un autre, et le phénomène se reproduit quatre ou cinq fois, jusqu'à ce que le cystide meure à son tour.

2° D'autre part, j'ai cautérisé de toutes jeunes ébauches au moment où elles sont encore en contact avec les parois de la loge. De cette façon, il ne peut se former de corps brun, mais un simple amas de tissus brûlés, dont l'action chimique n'a pas de raison d'être identique. On aboutit néanmoins au même résultat que précédemment.

3° J'ai pu éliminer tous les produits de dégénérescence en extirpant le polypide de sa loge. Cette extirpation peut être faite à n'importe quel instant de la vie du polypide, depuis la vésicule creuse jusqu'au polypide adulte, et réalisée sans laisser aucun fragment dans la zoécie. Dans ce cas encore un point de la paroi entre en prolifération quelques heures après l'extirpation.

Spontanée ou provoquée, l'absence du polypide vivant est donc dans tous les cas suivie de la formation d'un bourgeon par la paroi du cystide. On peut provisoirement supposer que, dès son apparition, le polypide exerce sur les tissus du cystide une action inhibitrice à distance, et par conséquent, d'ordre hormonal.

En effet, lorsqu'un polypide vient de disparaître, le point qui entre en prolifération n'a pas été en contact avec lui. Il s'agit donc d'une reconstitution plutôt que d'une régénération véritable.

L'ébauche polypidienne primaire apparaît toujours dans la partie proximale de la zoécie, contre la cloison postérieure, et les ébauches suivantes se forment au centre de l'aréa.

Je n'ai pas pu modifier jusqu'ici la position de l'origine de l'ébauche primaire. Il n'en est pas de même des ébauches secondaires.

Les expériences peuvent se résumer comme il suit : destruction d'un

polypide primaire ou secondaire ou de son ébauche, et cautérisation d'une région déterminée de la paroi. Les résultats montrent qu'il n'y a aucune localisation prédéterminée et que les différentes régions de la paroi peuvent toutes former un polypide.

Si l'on cautérise la partie postérieure de l'aréa, le bourgeon apparaît en position nettement antérieure et inversement.

La cautérisation de la moitié droite de l'aréa déplace l'ébauche polypidienne vers la gauche : celle-ci se forme au centre de la région épargnée.

Si l'on prend soin de cautériser uniquement le centre de l'aréa, il se forme deux ébauches, l'une en arrière, l'autre en avant du point cautérisé. L'ébauche antérieure se développe plus vite et finit par faire avorter l'autre.

Dans tous les cas, des déplacements ultérieurs régularisent la position du polypide, qui finit toujours par occuper dans la loge une place normale.

L'ébauche polypidienne une fois apparue poursuit son développement. La gaine tentaculaire s'allonge et vient finalement prendre contact avec l'aréa, en un point qui devient le siège d'une prolifération intense; bientôt, tandis qu'une partie des cellules dessine les lèvres de l'ouverture, d'autres émigrent en profondeur formant le vestibule et le diaphragme. Ce processus a été suivi au moyen de marques colorées.

Si l'on cautérise l'ébauche de l'ouverture à un stade suffisamment précoce, la gaine tentaculaire se contracte brusquement, puis reprend sa forme normale et se remet à croître. Si son extrémité distale arrive au contact d'une cloison ou de la paroi dorsale, le jeune polypide avorte. Mais, si elle entre en contact avec un point de l'aréa, la suite des phénomènes décrits se reproduit et il se refait une nouvelle ouverture généralement en arrière de la précédente.

L'ouverture n'est donc pas prédéterminée dans sa position normale; elle résulte probablement d'une action inductrice de la gaine sur la paroi.

Des expériences précédentes se dégage la notion de la très grande plasticité de la zoécie, ainsi que de son grand pouvoir régulateur. D'autre part il semble que l'ébauche polypidienne ait sur la paroi du cystide deux effets : l'un inhibiteur, exercé à distance et empêchant la formation d'un deuxième polypide; l'autre inducteur, se faisant par contact et provoquant la formation de l'ouverture.

La séance est levée à 15h30m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 SEPTEMBRE 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Notre Confrère M. **Maurice d'Ocagne** appartenait depuis 1922 à la Division des Membres libres. Nous avons appris avec un vif chagrin sa mort, survenue au Havre le 23 septembre. Il était né à Paris le 25 mars 1862. Il appartenait à une très vieille famille de Basse-Normandie, de cette province (M. d'Ocagne se plaisait à le rappeler) où étaient nés Laplace et Le Verrier; mais, depuis cent cinquante ans, ses ascendants étaient fixés à Paris.

Reçu à l'École polytechnique en 1880, il entra à l'École des Ponts et Chaussées. Comme Ingénieur il fut d'abord détaché aux Services hydrauliques de la Marine, puis il vint à Paris comme adjoint à M. Lallemand, directeur du Nivellement général de la France. Il resta longtemps au Corps des Ponts et Chaussées, toujours employé à des services spéciaux. Nommé Inspecteur général en 1920, il prit sa retraite en 1927.

Dès 1893, sur l'avis de Joseph Bertrand, il avait été nommé Répétiteur d'Astronomie et de Géodésie à l'École polytechnique : ce fut le point de départ de sa longue carrière professorale qu'il poursuivit après avoir quitté le Corps des Ponts et Chaussées. En 1894 il fut nommé Professeur à l'École des Ponts et Chaussées, et en 1912 Professeur de Géométrie à l'École poly-

technique. Il n'a quitté que tout dernièrement cette dernière chaire : parmi les postes qu'il a occupés, c'était certainement celui auquel il tenait le plus.

Il était fier d'avoir ainsi donné, soit comme répétiteur, soit comme professeur, un enseignement à plus de quarante-cinq promotions d'élèves de cette grande école : il calculait qu'il n'y avait pas moins d'environ dix mille de ces élèves qui avaient assisté à ses leçons. C'est la Géométrie qu'il y a enseignée comme professeur; c'était déjà sa science de prédilection lorsqu'il était lui-même élève : il rappelait que l'illustre géomètre Chasles, peu de temps avant sa mort, l'avait remarqué et encouragé à ses débuts. Il a publié cependant des mémoires sur d'autres parties des mathématiques : sur les invariants algébriques, sur les suites récurrentes, sur le calcul des probabilités etc. Mais ce sont ses travaux sur l'application de la géométrie à la science du calcul qui l'ont fait connaître à l'étranger comme en France, et c'est à la *Nomographie* que son nom restera toujours attaché.

D'Ocagne avait été frappé, dès le début de sa carrière d'ingénieur, des immenses avantages que l'on pouvait encore espérer retirer de ces méthodes graphiques qui permettent de remplacer le calcul par l'emploi de dessins préparés à l'avance. Il a cherché à poursuivre la généralisation de ces méthodes : il y a brillamment réussi. Non seulement il a donné une théorie générale qui permet de toutes les classer méthodiquement, mais il a trouvé lui-même la plus simple, la plus pratique et maintenant la plus répandue : c'est la méthode des *points alignés,* qui repose sur cette idée d'opérer la représentation des fonctions à l'aide du domaine tangentiel au lieu du domaine ponctuel. Cette méthode a permis notamment, pour la première fois, de représenter sur un plan des équations de plus de trois variables.

Ces méthodes, exposées dans le grand *Traité de Nomographie* de M. d'Ocagne, dont la première édition a paru en 1919, ont reçu de très nombreuses applications : déjà Maurice Levy n'hésitait pas à dire que la nomographie mérite de prendre place à côté de la géométrie descriptive et de la statique graphique. Depuis, les services qu'elle a rendus se sont multipliés. Je veux n'en citer aujourd'hui que deux exemples, où elle a servi à la Défense Nationale.

Pendant la dernière guerre, le 1er février 1916, Paul Painlevé, qui, comme ministre de l'Intruction publique avait dans ses attributions la Direction des inventions, fit appel au concours de d'Ocagne. Bientôt fut créé un bureau d'études où de jeunes officiers dévoués, mis temporairement à sa disposition, constituèrent bien vite sous sa direction tout un ensemble

de nomogrammes s'appliquant à tous les calculs que comportent les éléments du tir des pièces d'artillerie. En 1917 un rapport du Général commandant l'artillerie de la 5e armée constatait que l'emploi de ces graphiques réduisait le temps de préparation d'un tir d'un quart d'heure environ à moins de trois minutes, en évitant les erreurs.

Dans le même ordre d'idées, je voudrais rappeler aussi ce qu'écrivait, en 1921, notre Confrère M. Caquot : « En tant que Directeur de la section technique de l'aviation, nous avons eu à nous occuper de beaucoup de problèmes nouveaux. La solution, à peine trouvée, devait être appliquée immédiatement par des méthodes qui en permissent l'utilisation par les constructeurs. Dans cette période où le facteur temps était le plus important, les méthodes de calcul graphique mises à la disposition des ingénieurs par les travaux de M. d'Ocagne ont rendu des services inappréciables ».

« Ces services ne seront pas moindres actuellement si l'on veut tirer de l'intelligence tout ce qu'elle peut produire pour le bien du pays ».

J'adresse à la famille de notre regretté Confrère l'expression du chagrin que sa mort cause à l'Académie, et de nos sentiments de bien vive sympathie.

CORRESPONDANCE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les sommes d'un grand nombre de vecteurs aléatoires*. Note de M. **Wolfgang Dœblin**, présentée par M. Émile Borel.

Dans un Mémoire qui sera publié dans un autre Recueil, nous avons établi un certain nombre de propositions concernant les sommes de variables aléatoires indépendantes dont nous avions eu besoin en vue de l'étude de l'ensemble de puissances. Cette Note est consacrée à l'extension du théorème principal de ce travail au cas de plusieurs dimensions.

1. *Notations*. — Soient $X_1, \ldots, X_n$ des variables (ou vecteurs) aléatoires indépendantes dans un espace cartésien à k dimensions. Les composantes de X_i dans un système d'axes orthogonaux sont désignées par $x_i^{(1)}, \ldots, x_i^{(k)}$, l'origine du vecteur X_i est l'origine O. La probabilité pour qu'on ait

$x_i^{(1)} < p^{(1)}, \ldots, x_i^{(k)} < p^{(k)}$ est $V_i(P)$, $P = (p^{(1)}, \ldots, p^{(k)})$. La fonction de répartition de la somme (vectorielle) de X et Y se déduit de celles $V(P)$ et $V'(P)$ de X et Y par une formule bien connue et sera notée $V(P) \star V'(P)$. Soit $S_n = \sum_1^n X_i$. Nous appelons dispersion $D_n(\alpha)$ de S_n pour la prob. α la longueur du côté du plus petit cube fermé contenant S_n dans des cas prob. $\geqq \alpha$. Pour simplifier l'écriture nous allons supposer que par une homothétie préalable on ait fait $D_n(\alpha) \leqq 1$. On peut supposer de plus sans restriction de la généralité (il suffit d'additionner des vecteurs non aléatoires) que la médiane de chaque $X_i^{(l)}$ est à l'origine.

2. Pour que la distribution de prob. de S_n soit très voisine d'une distribution gaussienne ou normale (¹) il suffit (¹) que

$$\sum_{l=1}^{p} \sum_{i=1}^{n} \text{Pr.} \{ |x_i^{(e)}| > \eta \} < \varepsilon \qquad (\varepsilon, \eta \text{ très petits})$$

(et cette condition est d'ailleurs aussi nécessaire si $\text{Pr.} \{ |x_i^{(l)}| > \eta' \} < \varepsilon'$). Si $X_1, \ldots, X_n$ sont des vecteurs $= \vec{O}(0, \ldots, 0)$ en dehors de cas de prob. $\varepsilon_1, \ldots, \varepsilon_n$, l'on démontrera facilement (cf. notre mémoire cité) que, H désignant la fonction de répartition de S_n, l'on a

$$H(P) = e^{-\lambda} \left\{ E(P) + \sum_{\tau=1}^{\infty} \frac{\lambda^\tau [V(P)]^\tau}{\tau!} \right\} + O[\max. \varepsilon_i . \lambda]$$

où

$$dV(P) = \sum_{i=1}^{n} \frac{dV_i(P)}{\lambda} \quad [P \neq O], \qquad \lambda = \Sigma \varepsilon_i, \qquad [V(P)]^\tau = V(P) \star [V(P)]^{\tau-1},$$

$E(P)$ est la fonction de répartition du vecteur certain $\vec{O}$.

3. Soit $\mathcal{C}(\eta)$ le cube de côté 2η, de centre O. On prouve

$$\sum_1^n 1 - \text{Pr.} [X_i \subset \mathcal{C}(\eta)] < \frac{H_k(\alpha)}{\eta^2},$$

$H_k(\alpha)$ étant une fonction de α et k seuls. Soient $X_{i_1}, \ldots, X_{i_m}$ les X_i avec

$$1 - \text{Pr.} \{ X_i \subset \mathcal{C}(\eta) \} > \eta^2 \qquad \left[m < \frac{H_k(\alpha)}{\eta^4} \right].$$

(¹) CRAMÈR, *Random Variables, Cambridge Tract*, n° 36, 1937.

Soient

$$\lambda = \Sigma\left(1 - \mathrm{Pr.}[X_i \subset \mathcal{C}(\sqrt[4]{\eta})]\right),$$

$$d\,\mathrm{N}(\mathrm{P}) = \lambda\, d\,\mathrm{V}(\mathrm{P}) = \Sigma\, d\,\mathrm{V}_i(\mathrm{P}) \qquad \text{pour} \quad \mathrm{P} \overline{\in} \mathcal{C}(\sqrt[4]{\eta}),$$

$$c_i^{(l)} = \int_{\mathrm{P}\subset\mathcal{C}(\sqrt[4]{\eta})} x^{(l)}\, d\,\mathrm{V}_i(\mathrm{P}), \qquad \sigma_l^2 = \sum \int_{\mathrm{P}\subset\mathcal{C}\sqrt[4]{\eta}} (x^{(l)} - c_i^{(l)})^2\, d\,\mathrm{V}_i(\mathrm{P}),$$

$$r_{lm}\sigma_l\sigma_m = \sum \int_{\mathrm{P}\subset\mathcal{C}(\sqrt{\eta})} (x^{(l)} - c_i^{(l)})\,(x^{(m)} - c_i^{(m)})\, d\,\mathrm{V}_i(\mathrm{P}), \qquad a_l = \Sigma\, c_i^{(l)}$$

les sommes étant étendues aux indices différents de $i_1, i_2, \ldots, i_m$. Soient $\Phi(\mathrm{P})$ la fonction de répartition gaussienne avec les coefficients a_e, σ_e et r_{em}, $\Psi(\mathrm{P})$ la fonction $e^{-\lambda}\{\mathrm{E}(\mathrm{P}) + \Sigma\lambda^t[\mathrm{V}(\mathrm{P})]^t/t\,!\}$.

THÉORÈME. — *La probabilité pour que* S_n *se trouve dans un quadrilatère quelconque* $\{\mathrm{A}_e, \mathrm{B}_e, (e = 1, \ldots, k)\}$ *est comprise à* $\varphi_k(\eta)$ *près entre les probabilités que*

$$\Phi \star \Psi \star \mathrm{V}_{i_1} \star \ldots \star \mathrm{V}_{i_m}$$

attribue aux quadrilatères $\{\mathrm{A}_e - \varphi(\eta), \mathrm{B}_e + \varphi(\eta)\ (e = 1, \ldots, k)\}$ *resp.* $\{\mathrm{A}_e + \varphi_n(\eta), \mathrm{B}_e - \varphi_k(\eta)\ (e = 1, \ldots, k)\}$ $\varphi_k(\eta)$ *étant une fonction de* η *ne dépendant nullement des* V_i *(mais de* k *et* α*) et tendant vers zéro si* $\eta \to 0$.

Les coefficients σ_e sont bornés, quels que soient η et les $\mathrm{V}_i(\mathrm{P})$, si $\mathrm{D}_n(\alpha) \leqq 1$. On peut tirer du théorème ci-dessus les mêmes corollaires que dans le cas d'une dimension, intégrales à termes aléatoires indépendants etc. Il ne nous paraît pas utile de publier des énoncés ou démonstrations plus développées dans le cas de plusieurs dimensions.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Emploi des quasi-fonctions de Green pour la résolution du problème de Dirichlet relatif aux équations linéaires par rapport aux dérivées secondes seulement.* Note de M. **MAURICE GEVREY**.

Soit à déterminer, dans un domaine borné D de frontière S, une fonction u d'un point $\mathrm{P}(x_1, \ldots, x_m)$ donnée sur S et satisfaisant dans D à l'équation du type elliptique $(i, j, h = 1, \ldots, m)$:

$$(1) \qquad \Sigma_{ij}\, a_{ij}(x_h, u, p_h)\, \frac{\partial^2 u}{\partial x_i\, \partial x_j} + f(x_h, u, p_h) = 0 \qquad \left(p_h = \frac{\partial u}{\partial x_h}\right).$$

Les méthodes d'approximations successives usitées dans ces questions depuis les travaux de M. Picard consistent à définir u comme limite d'une suite de fonctions $u_0, u_1, u_2, \ldots$; u_n étant solution du problème de Dirichlet pour l'équation déduite de (1) en remplaçant u par u_n dans les dérivées

secondes et par u_{n-1} dans a_{ij}, f : chaque degré d'approximation nécessite donc une infinité d'opérations, soit ∞^2 au moins pour le problème total. Nous allons montrer que l'emploi des *quasi-fonctions de Green* (¹) permet de ramener chaque approximation à des quadratures (2 ou 3), d'où une *infinité simple* d'opérations pour le calcul de u.

Nous supposerons les a_{ij} et leurs dérivées premières (∂) par rapport à u, p_h höldériens d'exposant β en (x_i), les (∂) et f lipschitziens en u, p_h; enfin sur S, u et les x_i seront des fonctions de $m-1$ variables, u pourvue de dérivées premières et les x_i de dérivées secondes, toutes ces dérivées étant höldériennes d'exposant β_1.

Nous utiliserons les intégrales (M étant un point de S)

$$J_\mu(P;\,u)=\int_S \frac{u_M\,dS_M}{|PM|^{m-1+\mu}} \qquad (\mu>0)$$

dont le produit par d^μ (d et δ désigneront les distances des points P et Π à S) tend vers $k_\mu u_Q$ quand P tend vers un point Q de S, k_μ étant un coefficient numérique : la fonction $u_0=J_1(P;\,u)J_1(P;\,1)^{-1}$ prend donc les mêmes valeurs que u sur S. Ses dérivées secondes valent $O(d^{\beta_1-1})$.

Soit V_P^Π la quasi-fonction de Green correspondant aux coefficients $a_{ij}(x_h,\,u,\,p_h)$ et $\mathcal{D}$ l'opération $\Sigma a_{ij}(\partial^2/\partial x_i\partial x_j)$: il résulte de nos travaux (²) qu'on a, en tout point P de D,

$$(2) \qquad u_P=u_0+\int_D V_P^\Pi\varphi_\Pi\,d\omega_\Pi, \qquad \varphi_P=g_P+\int_D \mathcal{D}V_P^\Pi\varphi_\Pi\,d\omega_\Pi$$

avec $g=f(x_h,\,u,\,p_h)+\mathcal{D}u_0[\mathcal{D}u_0=O(d^{\beta_1-1})$, donc $|g|<F+Hd^{\beta_1-1}]$.

On a ainsi deux équations en u et φ d'un type *intégro-différentiel* : en effet V_P^Π et $\mathcal{D}V_P^\Pi$ dépendent des valeurs, en P et Π, des fonctions $a_{ij}(x_h,\,u,\,p_h)$. Les approximations successives, à partir de u_0 et de $\varphi_0=g_0$, seront données en P par les formules

$$u_{n+1}=u_0+\int_D [V_P^\Pi]_n(\varphi_n\,d\omega)_\Pi, \qquad \varphi_{n+1}=g_n+\int_D [\mathcal{D}V_P^\Pi]_n(\varphi_n\,d\omega)_\Pi,$$

g_n étant l'expression de g pour $u=u_n$ et la notation $[\ ]_n$ désignant la valeur d'une fonction des a_{ij} quand on remplace u par u_n dans les a_{ij}; nous

(¹) *Annales de l'École Normale*, 52, 1935, p. 39; voir p. 58 pour l'étude des intégrales J.

(²) *Loc. cit.*, p. 100; voir p. 74 l'expression de V_P^Π : elle contient la *fonction de frontière*, qui s'exprime à l'aide d'une intégrale J et peut même s'écrire *sans quadrature* quand S est donnée par son équation.

poserons aussi $p_{n,h} = \partial u_n / \partial x_h$. On suppose u, p_h bornés, donc $|u_n - u_0| < M$, $|p_{n,h} - p_{0,h}| < M'$. Soient $|\varphi_n| < d^{\alpha-1}\Phi$, avec $\alpha \leqq \beta$ et $< \beta_1$: $[V]_n$ et ses dérivées en (x_i) valent $O(\delta^{1-\alpha} r^{\alpha+1-m})$ et $O(\delta^{1-\alpha} r^{\alpha-m})$, avec $r = P\Pi$, et $[\mathcal{D}V]_n$ vaut $O(d^{\alpha-1}\delta^{1-\alpha} r^{\beta-m})$. Les inégalités ci-dessus seront alors vérifiées aussi par u_{n+1}, $p_{n+1,h}$ et φ_{n+1} moyennant des conditions de la forme

$$(3) \quad K_0 \Phi l^{\alpha+1} < M, \quad K'_0 \Phi l^{\alpha} < M', \quad (K_1 \Phi + K'_1 \Phi^2) l^{\beta} + F l^{\alpha+1} + H l^{\beta_1 - \alpha} < \Phi,$$

l étant la distance *minimum* de deux plans tangents à S, parallèles et comprenant D.

Pour établir la convergence uniforme des u_n, $p_{n,h}$ dans $D + S$, supposons que $u_n - u_{n-1}$, $p_{n,h} - p_{n-1,h}$ et $d^{1-\alpha}(\varphi_n - \varphi_{n-1})$ aient des limitations du type Ak^n, k étant un nombre donné < 1, et en outre que l'accroissement de $p_{n,h} - p_{n-1,h}$, de P à Π, soit limité par $Bk^n r^{\alpha}$. On montre alors que les variations de $[V]_n$, de ses dérivées et de $[\mathcal{D}V]_n$, quand on passe de $u = u_n$ à $u = u_{n+1}$, ont les mêmes types de majoration que ces fonctions elles-mêmes, mais multipliés par k^n : il en résulte que les limitations de $u_n - u_{n-1}$, ... supposées ci-dessus seront valables en remplaçant n par $n + 1$ si l'on a

$$(4) \quad K_2 l^{\alpha+1} < k, \quad K'_2 l^{\alpha} < k, \quad (K_3 + K'_3 \Phi) l^{\alpha} + F_1 l^{\alpha} + H_1 l^{\beta_1 - \alpha} < k.$$

(3) et (4) entraînent $l < l_1$, et l'on pourra choisir α, Φ et k de façon que l_1 soit le plus grand que possible : les u_n convergent vers la solution cherchée u.

Est-elle unique? S'il y en avait une autre, u_0 pourrait désigner celle-ci dans (2), et alors $g = f(x_h, u, p_h) - f(x_h, u_0, p_{0,h}) + \mathcal{D}u_0 - [\mathcal{D}]_0 u_0$. Mettons les limitations de $u - u_0$, de ses dérivées et de $d^{1-\alpha}\varphi$ sous la forme Ck^n; on montre, d'après (2), qu'on peut y remplacer n par $n + 1$ moyennant des conditions analogues à (4) : alors $|u - u_0| < Ck^n$ quel que soit n, d'où $u = u_0$.

u est donc solution unique de (2) : pour remonter à (1) il faut une hypothèse complémentaire sur f assurant l'existence des dérivées secondes de u, par exemple que f soit höldérien en (x_i), mais la simple continuité suffit en élargissant le symbole $\mathcal{D}$ [1].

La méthode s'applique sans modification à un *système de n équations* à n inconnues $u_1, \ldots, u_n$ du type (1), les a_{ij} dépendant de tous les u et de leurs dérivées premières.

---

[1] *Loc. cit.*, p. 52. On notera d'autre part, au sujet des données et de S, que si les p_h sont absents dans les a_{ij} et figurent linéairement dans f, il suffit *sur* S que u et les dérivées *premières* des x_i soient höldériennes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les polynomes abstraits dans les espaces vectoriels généraux.* Note de M. **G. Van der Lyn**, présentée par M. Paul Montel.

Soient E et E_1 deux espaces vectoriels généraux, et soit $f(x)$ un opérateur faisant correspondre à tout élément x de E un élément $f(x)$ de E_1. Considérons les équations

$$\Delta_h^{n+1} f(x) = 0 \tag{1}$$

et

$$\Delta_h^n f(x) = n!\,f(h), \tag{2}$$

où l'on a, suivant la notation habituelle,

$$\Delta_h^n f(x) = (-1)^n \sum_{i=0}^{n} (-1)^i \binom{n}{i} f(x+ih).$$

Si $f(x)$ vérifie l'équation (1), quels que soient x et h, sans que cette propriété soit réalisée pour une valeur moindre de n, l'opérateur $f(x)$ sera appelé un *polynome abstrait de degré n*. Nous dirons que $f(x)$ est un *monome abstrait de degré n* si cet opérateur vérifie l'équation (2), quels que soient x et h.

Ces définitions *suffisent* pour démontrer les propriétés suivantes où $f(x)$ désigne un polynome abstrait de degré n :

1° Si r est un nombre rationnel, nous avons, quels que soient x et h,

$$\Delta_{rh}^n f(x) = r^n \Delta_h^n f(x);$$

2° Si $\Delta_h^n f(x)$ est un opérateur $\varphi(h)$ indépendant de x, $\varphi(x)$ est un monome abstrait de degré n;

3° Les différences $\Delta^1 f(x)$, $\Delta^2\Delta^1 f(x)$, ..., $\Delta^n\Delta^{n-1}$, ... $\Delta^2\Delta^1 f(x)$, correspondant à des accroissements indépendants $\Delta^1 x$, $\Delta^2 x$, ..., $\Delta^{n-1} x$, $\Delta^n x$ de x, sont des polynomes abstraits respectivement de degré $n-1$, $n-2$, ..., et 0 au plus en x.

4° Le polynome $f(x)$ est une somme de monomes abstraits de degrés inférieurs ou égaux à n. Cette décomposition est unique (les monomes de même degré étant préalablement réunis).

Une proposition analogue à la dernière a été démontrée par M. Fréchet [1]

[1] *Journal de Mathématiques*, t. 8, 1, 1929, p. 71.

pour des opérateurs moins généraux que les nôtres, et considérés dans des espaces vectoriels particuliers : les espaces algébrophiles. Les polynomes abstraits de M. Fréchet sont supposés *continus* et vérifiant identiquement une équation

$$\Delta^{n+1}\Delta^{n}\ldots\Delta^{2}\Delta^{1}f(x)=0.$$

Sous la condition de continuité, l'identité des deux définitions résulte immédiatement de la propriété 3°.

Dans les cas où les espaces E et E_1 sont l'ensemble des nombres réels, des conditions supplémentaires sont nécessaires pour que les opérateurs définis ci-dessus soient identiques aux polynomes et aux monomes de l'algèbre élémentaire. L'identité a lieu notamment moyennant une des conditions très générales que voici :

1° $f(x)$ est bornée; 2° $f(x)$ est mesurable; 3° $f(x)$ possède la propriété de Baire.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une classe de surfaces de Riemann régulièrement exhaustibles et sur le théorème des disques de M. Ahlfors.* Note de M. **Simion Stoïlow**, présentée par M. Paul Montel.

Dans les recherches fondamentales de M. Ahlfors sur les surfaces de recouvrement riemannien, un rôle essentiel est joué par la notion de surface régulièrement exhaustible (*regulär ausschöpfbar*) ([1]). Le but de cette Note est de définir une classe de surfaces de Riemann appartenant à cette catégorie, pour lesquelles les principaux théorèmes concernant la répartition des valeurs des fonctions correspondantes se présentent d'une manière particulièrement simple, classe qui comprend les surfaces engendrées par des types connus de fonctions.

1. Une surface de Riemann (R) est définie par ([2]) :

1° une variété topologique à deux dimensions V;

2° une transformation intérieure f de V en une région de la sphère euclidienne.

([1]) L. Ahlfors, *Acta mathematica*, 65, 1935, p. 157-194. *Voir* aussi, du même auteur, *Geometrie der Riemannschen Flächen, Comptes rendus du Congrès international des mathématiciens*, Oslo, 1936, 1, p. 239-248.

([2]) S. Stoïlow, *Comptes rendus du Congrès d'Oslo*, 2, 1936, p. 143-144); L. Ahlfors (*loc. cit.*).

Rappelons qu'une transformation continue est dite *intérieure* si elle conserve les notions d'ensemble ouvert et de continu compact ([3]).

On sait que, si V est close (ou, plus généralement, un espace métrique compact), la transformation (multivoque) inverse de toute transformation intérieure de V est continue ([4]). Les transformations intérieures des variétés ouvertes ne possèdent pas, en général, cette propriété. Il semble donc d'un certain intérêt de considérer la classe des (R), définies par des transformations intérieures f de variétés V *ouvertes*, satisfaisant à la condition suivante :

Il existe une suite D_i de domaines polyédriques d'approximation ([5]) de V tels que, *considérée comme transformation de* D_i *en* $f(D_i)$ *seulement*, f *a sa transformation inverse continue pour tout* i.

On reconnaît facilement que les D_i doivent être des domaines *normaux* ([6]) pour la transformation f, c'est-à-dire que leurs images n'ont pas de frontière intérieure.

Appelons *normalement exhaustibles* les (R) de la classe que l'on vient de définir. En se bornant, comme nous le ferons, aux surfaces simplement connexes on pourra supposer les D_i, et donc les $f(D_i)$, simplement connexes. Toute (R) de cette nature sera aussi régulièrement exhaustible au sens de M. Ahlfors.

Il est aisé de voir que les valeurs lacunaires des (R) ainsi définies forment un continu *unique*, qui peut se réduire à un point. Dans ce dernier cas, nous dirons que (R) est de *première espèce*.

Le théorème bien connu de M. Wiman sur les fonctions entières d'ordre $< 1/2$ montre que les surfaces de Riemann des inverses de ces fonctions sont normalement exhaustibles et elles sont de première espèce. Il est, d'autre part, facile de construire des surfaces normalement exhaustibles de seconde espèce.

([3]) S. Stoïlow, *Annales scient. de l'École Norm. sup.*, 3e série, 45, 1928, p. 348.

([4]) Cette propriété *caractérise* les transformations d'espaces compacts satisfaisant seulement à la condition de conserver les ensembles ouverts. Voir par exemple, Pollak [*C. R. Acad. Sci. U. R. S. S.*, **1** (X), nouv. série, 1936, p. 155]. Les transformations inverses des transformations continues quelconques sont seulement semi-continues.

([5]) Voir mes *Leçons sur les principes topologiques de la théorie des fonctions analytiques* (*Collection Borel*), Chap. IV.

([6]) Ouvrage cité ci-dessus, Chap. V.

Il résulte d'une extension bien connue que R. Nevanlinna a donnée du théorème de F. et M. Riesz, jointe à un autre théorème de R. Nevanlinna (7), que la condition nécessaire et suffisante pour qu'une (R) normalement exhaustible, engendrée par une fonction méromorphe dans le cercle-unité, soit de première espèce *est que la fonction caractéristique* $T(r)$ *soit non bornée*.

Il est clair que les (R) de seconde espèce appartiennent toutes au type hyperbolique. Mais il existe aussi des (R) de première espèce appartenant à ce type : telle est, par exemple, la fonction construite par Lusin et Priwaloff (8) qui est holomorphe dans le cercle-unité et qui tend vers l'infini sur une suite de circonférences dont les rayons tendent, en croissant, vers l'unité.

2. L'une des conséquences les plus intéressantes du théorème des disques (Scheibensatz) de L. Ahlfors (1) est la suivante : étant donnée une surface de Riemann engendrée par une fonction entière, prenons, sur la sphère de Riemann sur laquelle cette surface est étalée, *trois* domaines de Jordan quelconques, disjoints, ne contenant pas le point ∞ : l'un au moins de ces trois domaines est alors couvert par un feuillet simple de la surface de Riemann.

J'ai pu démontrer que, *si la surface est normalement exhaustible* (la fonction pouvant être seulement holomorphe dans un cercle) *on peut remplacer par* deux *le nombre des domaines*. La proposition ainsi modifiée s'appliquera donc en particulier aux surfaces engendrées par les fonctions entières d'ordre $< 1/2$ ou par des fonctions telles que celle de Lusin et Priwaloff.

3. Le raisonnement utilisé dans cette démonstration montre aussi que, si a est l'unique point lacunaire de (R) et si λ_1 et λ_2 sont, sur V, deux chemins de détermination a sans point commun, dans chacun des angles formés par λ_1 et λ_2, ou bien f tend uniformément vers a, ou il existe (dans cet angle) une infinité de domaines simplement connexes que f transforme biunivoquement en Δ_1 ou en Δ_2.

---

(7) *Eindeutige analytische Funktionen*, Berlin, 1936, p. 198 et 202.

(8) *Ann. scient. de l'École Norm. supérieure*, 3e série, 42, 1925, p. 148.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un théorème de la représentation conforme.* Note de M. **Menahem Schiffer**, présentée par M. Paul Montel.

Soit B un domaine borné dans le plan z, contenant l'origine. Désignons par $\mathcal{F}$ la famille des fonctions $f(z)$ holomorphes et univalentes dans B et normées pour $z=0$: $f(0)=0$, $f'(0)=1$. Cherchons une fonction de $\mathcal{F}$ possédant dans B le moindre module maximum $\mathfrak{M}$ de la famille. L'existence d'une telle fonction extrémale $w=f(z)$ suit du fait que la famille $\mathcal{F}$ est normale. $f(z)$ représente B sur un domaine D du plan w. Toute fonction $g(w)$ normée dans $w=0$, holomorphe et univalente dans D prend dans $\overline{D}$ au moins une valeur $\geqq \mathfrak{M}$. Soit maintenant w_0 un point extérieur à D; la fonction

$$(1)\qquad g_\rho(w;w_0)=\left[w+\frac{e^{i\varphi}\rho^2}{w_0}+\frac{e^{i\varphi}\rho^2}{w-w_0}\right]\left[1-\frac{e^{i\varphi}\rho^2}{w_0^2}\right]^{-1}$$

sera normée pour $w=0$, holomorphe et univalente dans D pour tout φ et pour ρ suffisamment petit. Il y a donc dans $\overline{D}$ un w tel qu'on ait

$$(2)\qquad |g_\rho(w;w_0)|=|w|\left|1+\frac{e^{i\varphi}\rho^2 w}{(w-w_0)w_0^2}+(\rho^4)\right|\geqq \mathfrak{M},$$

et de $|w|\leqq\mathfrak{M}$ suit

$$(2')\qquad \mathcal{R}\left\{\frac{e^{i\varphi}}{w_0^2}\,\frac{1}{1-w_0/w}\right\}+(\rho^2)\geqq\frac{1}{\rho^2}\left(\frac{\mathfrak{M}}{|w|}-1\right)\geqq 0,$$

w dépend encore de ρ, φ et w_0. Pour un w_0 fixe choisissons φ de manière que $e^{i\varphi}w_0^{-2}<0$. Alors w ne dépend que de ρ. Considérons une suite $\rho_\nu\to 0$.

D'après (2′) on trouve $\lim|w(\rho_\nu)|=\mathfrak{M}$. De ces $w(\rho_\nu)$, extrayons maintenant une suite partielle et convergente telle qu'on ait $\lim w(\rho_\nu)=w^\star$, $(|w^\star|=\mathfrak{M})$. De (2′) suit, à la limite $\rho=0$,

$$(3)\qquad \mathcal{R}\{-1+w_0/w^\star\}\geqq 0.$$

Cette inégalité n'est possible que si $|w_0|\geqq|w^\star|=\mathfrak{M}$. *Dans le cercle* $|w|\leqq\mathfrak{M}$ *ne se trouvent donc que des points intérieurs ou frontières de* D.

Soit w_1, $(|w_1|<\mathfrak{M})$, un point d'un continu frontière $\mathcal{C}$ de D. De $\mathcal{C}$ nous coupons un continu partiel $\mathcal{C}(\sigma)$ du diamètre transfini σ et contenant w_1. Considérons toutes les fonctions de la forme

$$(4)\qquad \chi(w)=w+\mathcal{A}\sigma^2(w-w_1)^{-1}+\mathcal{B}\sigma^3(w-w_1)^{-2}+\ldots,$$

univalentes et méromorphes à l'extérieur de $\mathcal{C}(\sigma)$. La fonction

$$\psi(w) = \frac{[\chi(w) - \chi(0)]}{\chi'(0)}$$

a les mêmes propriétés et est normée pour $w = 0$. La fonction

$$h(w) = g_\rho\{\psi(w); w_0\},$$

enfin sera dans D holomorphe, univalente et normée pour ρ et σ suffisamment petits et φ arbitraire, si $w_0 = \mathfrak{M}^2/\overline{w}_1$. Pour $\mathfrak{A}$ et σ donnés, choisissons $\rho^2 = |\mathfrak{A}|\mathfrak{M}^4|w_1|^{-4}\sigma^2$ et $\varphi = \arg(-\mathfrak{A})$. Alors on a le développement suivant, valable à l'extérieur de tout cercle contenant $\mathcal{C}(\sigma)$,

$$(5) \qquad h(w) = w + \frac{\mathfrak{A}\sigma^2}{w_1^2}\left[\frac{w^2}{w - w_1} - \frac{w^2}{w - w_0}\right] + (\sigma^3).$$

De la propriété d'extrémum de D suit ici aussi l'existence d'un $w \subset \overline{\mathrm{D}}$ tel qu'on ait $|h(w)| \geqq \mathfrak{M}$. Pour une suite $\sigma \to 0$ choisissons une suite convergente $\mathfrak{A}(\sigma) \to \alpha$ et $w(\sigma) \to w^\star$. Encore une fois on trouve $|w^\star| = \mathfrak{M}$. Parce que $w(w - w_1)^{-1} - w(w - \mathfrak{M}^2/\overline{w_1})^{-1} > 0$ pour tout $|w| = \mathfrak{M}$, on trouve de $|h(w)| \geqq \mathfrak{M}$ à la limite $\rho = 0$

$$(6) \qquad \mathcal{R}\{\alpha w_1^{-2}\} \geqq 0$$

pour toute suite convergente de coefficients $\mathfrak{A}$ dans (4). Cela vaut pour tout point $w_1 \subset \mathcal{C}$. Comme j'ai démontré récemment (¹), il suit de ce fait, que $\mathcal{C}$ est une courbe analytique $w(t)$, satisfaisant à l'équation différentielle

$$(7) \qquad \frac{1}{w^2}\left(\frac{dw}{dt}\right)^2 + 1 = 0.$$

Donc $w = ce^{it}$ est la seule représentation possible pour les fentes de D. D *est donc un cercle, coupé le long d'arcs de cercle concentriques.*

Il est évident qu'on obtient des résultats analogues en considérant, au lieu de $\mathcal{F}$, certaines familles de fonctions p-valentes, comme par exemple celles ayant le développement $f(z) = z^p + a_{p+1}z^{p+1} + \ldots$ autour de l'origine ou la famille $\mathcal{F}_p$ des $f(z) = z + a_2z^2 + \ldots$ ne possédant d'autre zéro que l'origine. S'il y a dans $\mathcal{F}_p$ une fonction $f(z)$, avec

$$f'(z_i) = 0 \qquad (i = 1, \ldots, m,\ z_i \subset \mathrm{B}),$$

(¹) Voir un Mémoire *A calculus of variation* ..., qui paraîtra prochainement dans les *Proc. Lond. Math. Soc.*

il existe aussi dans $\mathcal{F}_p$ une fonction $\varphi(z)$ avec $\varphi'(z_i)=0$, dont les valeurs couvrent exactement un cercle, éventuellement coupé le long d'arcs de cercle concentriques. C'est cette fonction de $\mathcal{F}_p$ avec les conditions $f'(z_i)=0$ dont le module maximum est le plus petit possible.

MÉCANIQUE STATISTIQUE. — *Sur une équation générale de la Mécanique statistique*. Note (¹) de M. **Bohuslav Hostinský**, transmise par M. Émile Borel.

La configuration instantanée d'un système mécanique S est déterminée par n coordonnées de Lagrange $q_1, q_2, \ldots, q_n$ et par les composantes de vitesse $dq_1/dt, dq_2/dt, \ldots, dq_n/dt$. Considérons le point χ dont les coordonnées sont les $2n$ quantités $q_1, \ldots, q_n, dq_1/dt \ldots dq_n/dt$. Ce point se meut dans un domaine à $2n$ dimensions E; soit F la frontière de E. Le mouvement de χ figure l'évolution du système S. Par exemple, si S est formé par m molécules d'un gaz enfermé dans un vase, nous avons $n=3m$, les q_i étant les coordonnées cartésiennes des molécules considérées comme des points; les points de la frontière F correspondent soit aux cas où une molécule touche la paroi du vase soit aux cas où une molécule touche une autre.

Nous admettons que, la position P_0 de χ à l'époque t_0 étant connue, il y ait une probabilité $\Phi(P_0, P, t_0, t)\,d\tau_P$ pour que χ se trouve à l'époque $t\ (t_0<t)$ à l'intérieur d'un élément infinitésimal $d\tau_P$ de E au voisinage du point P. La probabilité pour que χ arrive de P_0 (époque t_0) à $d\tau_P$ (époque t) sans rencontrer la frontière F sera égale à $j(P_0, P, t_0, t)\,d\tau_P$ où la fonction $j(P_0, P, t_0, t)$ satisfait aux conditions suivantes :

$$j>0; \qquad \int_E j\,d\tau_P=1; \qquad \lim_{t=t_0} j=0 \quad \text{et} \quad \lim_{t=t_0}\frac{\partial j}{\partial t}=0 \quad \text{et} \quad \text{pour} \quad P\neq P_0.$$

$$\int_E j(P_0, Q, t_0, u)\,j(Q, P, u, t)\,d\tau_Q=j(P_0, P, t_0, t) \qquad (t_0<u<t).$$

Ces probabilités des déplacements définies au moyen de la fonction j sont analogues de celles que l'on considère dans le cas du mouvement brownien ordinaire. Si χ se trouve à l'époque u dans un élément $d\sigma_M$ de F au voisinage d'un point M de F, et si $d\sigma_N$ est un autre élément de F, la pro-

(¹) Séance du 12 septembre 1938.

babilité pour que χ passe du premier élément à l'autre en du secondes est égale à $A(M, N, u)\, d\sigma_M\, d\sigma_N\, du$ où A est une fonction bornée, positive et intégrable de deux points M, N et de l'époque u. La fonction A définit ainsi les probabilités relatives aux changements brusques de quelques coordonnées (par exemple, si une molécule du gaz choque contre la paroi du vase, ses composantes de vitesse changent de signe).

La densité de probabilité de passage Φ est liée aux fonctions j et A par une équation fonctionnelle. Pour l'obtenir, considérons les mouvements possibles de χ entre les époques t_0 et t et soit u l'époque où χ rencontre la frontière F la dernière fois ($t_0 < u < t$). La fonction $\Phi(P_0, P, t_0, t)$ se décompose en deux parties : l'une égale à la densité de probabilité $j(P_0, P, t_0, t)$ relative au passage de P_0 à P sans rencontrer F et l'autre relative au cas où le dernier changement brusque a lieu à l'époque u en un point M de F ; dans ce cas χ passe de P_0 à M, il se déplace ensuite brusquement de M à un autre point N de F et il passe enfin de N à P sans changement brusque. Un raisonnement analogue à celui que nous avons employé précédemment ([2]) montre que la seconde partie s'exprime par une intégrale triple, ce qui donne l'équation cherchée

$$(1)\quad \Phi(P_0, P, t_0, t) = j(P_0, P, t_0, t) + \int_{t_0}^{t}\int_F\int_F \Phi(P_0, M, t_0, u)\, A(M, N, u)\, [j(N, P, u, t) - j(M, P, u, t)]\, d\sigma_M\, d\sigma_N\, du.$$

Les fonctions j et A étant supposées connues, l'équation (1) sert à déterminer la fonction Φ. En effet, on obtient par des approximations successives

$$(2)\qquad \Phi(P_0, P, t_0, t) = j(P_0, P, t_0, t) + \sum_{n=1}^{\infty} S_n(P_0, P, t_0, t)$$

avec

$$S_{n+1}(P_0, P, t_0, t) = \int_{t_0}^{t}\int_F\int_F S_n(P_0, M, t_0, u)\, A(M, N, u)\, [j(N, P, u, t) - j(M, P, u, t)]\, d\sigma_M\, d\sigma_N\, du,$$

où il faut remplacer $S_0(P_0, P, t_0, t)$ par $j(P_0, P, t_0, t)$. La somme

---

([2]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1452. Les symboles de la forme $f(P, M)\, d\sigma_M$ représentent, dans la suite, des probabilités de passage d'un point P à un élément $d\sigma_M$ de F.

$j+\sum_{n=1}^{m} S_n$ de $m+1$ premiers termes du second membre de (2) est égale à la densité de probabilité du passage de P_0 à P avec m changements brusques au plus. Il résulte de l'équation (1) et des propriétés de la fonction j que $\Phi(P_0, P; t_0, t)$ satisfait aux conditions

$$\int_E \Phi\, d\tau_P + \int_F \Phi\, d\sigma_P = 1, \qquad \lim_{t=t_0} \Phi = 0 \qquad \text{pour } P \neq P_0.$$

La fonction j peut être choisie de telle manière que l'on ait de plus

$$\lim_{t=t_0} \frac{\partial \Phi}{\partial t} = 0 \qquad \text{pour } P \neq P_0 \qquad (\Phi > 0).$$

La série (2) ne diffère pas essentiellement de la formule obtenue dans la Note citée [p. 1453, formule (2)].

BALISTIQUE. — *Le problème général de la balistique extérieure.* Note de M. **Godofredo Garcia.**

1. Les conférences de M. Kyrille Popoff à la Sorbonne *Sur les méthodes de Henri Poincaré et la balistique extérieure* [1] m'ont suggéré l'idée d'utiliser la méthode vectorielle pour obtenir une généralisation. Les méthodes nouvelles de Poincaré et les approximations successives de M. Émile Picard s'appliquent avec avantage au cas qui nous occupe.

En considérant un système général x_1, x_3 d'axes de référence qui forment l'angle γ et en supposant la résistance de l'air égale à la fonction

$$e^{-kH} f(V)\, V$$

(H hauteur au-dessus de la sphère terrestre), j'obtiens l'équation vectorielle

$$(1) \qquad \frac{d\vec{V}}{dt} + e^{-kH} f(V)\, \vec{V} = \vec{I} g_0 \left[\frac{R}{R+H}\right]^2,$$

$\vec{I}$ verseur dirigé vers le centre de la Terre.

En posant $U = V_{x_1} + V_{x_3}$, $\vec{\chi}_0$ verseur parallèle à la bissectrice de

(1) Paris, 1925.

l'angle γ, on a l'équation scalaire

$$(2)\quad \frac{dU}{dt}+e^{-kH}\left[f(U)U-2V_{x_1}V_{x_3}f'(U)\sin^2\frac{\gamma}{2}+\ldots\right]=\frac{\vec{\chi}_0}{\cos\frac{\gamma}{2}}\times\vec{I}g_0\left[\frac{R}{R+H}\right]^2.$$

2. *Première approximation.* — En négligeant l'influence de la hauteur et de la sphéricité de la Terre, on a le système

$$(3)\quad \frac{d\vec{V}_0}{dt}+f(U_0)\vec{V}_0=\vec{i}_3 g_0,$$

$$(4)\quad \frac{dU_0}{dt}+f(U_0)U_0=\frac{\vec{\chi}_0}{\cos\frac{\gamma}{2}}\times\vec{i}_3 g_0,$$

où $\vec{i}_3$ est le verseur dirigé au centre de la Terre à l'origine O des coordonnées. (4) s'intègre par quadrature $U_0=U_0(U_i^*, t)$ et l'on a

$$(5)\quad P-O=\int e^{-\int f(U_0)\,dt}\left\{\vec{i}_3 g_0\int e^{\int f(U_0)\,dt}dt+\vec{V}_i^*\right\}dt,$$

où $\vec{V}_i^*$ est la vitesse initiale vectorielle.

3. *Seconde approximation.* — En seconde approximation, on a les équations

$$(6)\quad \frac{d\vec{V}_1}{dt}+\left\{f(U_1)-\frac{2V_{x10}V_{x30}}{U_0}f'(U_0)\varepsilon^2\right\}\vec{V}_1=\vec{i}_3 g_0,$$

$$(7)\quad \frac{dU_1}{dt}+\left\{f(U_1)-\frac{2V_{x10}V_{x30}}{U_0}f'(U_0)\varepsilon^2\right\}U_1=\frac{\vec{\chi}_0}{\cos\frac{\gamma}{2}}\times\vec{i}_3 g_0,\quad \text{où}\quad \sin\frac{\gamma}{2}=\varepsilon$$

que l'on intègre en posant

$$(8)\quad \vec{V}_1=\vec{V}_0+\varepsilon^2\vec{\varphi}_1,\qquad U_1=U_0+\varepsilon^2 u_1,$$

ce qui donne les équations linéaires

$$(9)\quad \frac{d\vec{\varphi}_1}{dt}+f(U_0)\vec{\varphi}_1+\vec{V}_0 f'(U_0)\,u_1-\frac{2V_{x10}V_{x30}}{U_0}f'(U_0)\vec{V}_0=0,$$

$$(10)\quad \frac{du_1}{dt}+[f(U_0)+U_0 f'(U_0)]\,u_1-2V_{x10}V_{x30}f'(U_0)=0.$$

En intégrant (10)

$$u_1=u_1(u_i^*, t),$$

on obtient

$$(11)\qquad P_1^\star - O = \int e^{-\int f(U_0)\,dt} \left\{ \left[\frac{2 V_{x10} V_{x30}}{U_0} - u_1 \right] f'(U_0) \vec{V}_0 e^{\int f(U_0)\,dt} + \vec{V}_1^\star \right\} dt,$$

donc on a la *seconde approximation*

$$(12)\qquad P_1 - O = P_0 - O + \varepsilon^2 (P_1^\star - O).$$

4. Ayant calculé $x_1 = x_{10}$; $x_3 = x_{30}$ en seconde approximation nous devons tenir compte, en troisième approximation, de la sphéricité de la Terre. En désignant par D l'angle au centre O_1 de la Terre de l'axe $O_1 O$ avec la direction $O_1 P$, on a l'approximation

$$(13)\qquad \vec{I}_0 = \vec{i}_3 e^{-iD_0},$$

$$\operatorname{tang} D_0 = \frac{x_{10}\cos\alpha + x_{30}\cos\sigma}{R + x_{30}\sin\sigma - x_{10}\sin\alpha}, \qquad \Delta_0 = \frac{2R\sin^2\frac{D_0}{2}}{1 - 2\sin^2\frac{D_0}{2}},$$

$$H'_0 = H_0 + \Delta_0, \qquad H_0 = \frac{x_{30}\sin\sigma - x_{10}\sin\alpha}{\cos D_0}.$$

Ici α est l'angle de l'horizontale de verseur $\vec{i}_1$ avec x_1 et σ l'angle de x_3 avec l'horizontale $\alpha + \sigma = \gamma$. H_0 est la partie de la hauteur H'_0 sur la sphère jusqu'à l'horizontale, Δ_0 le reste.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la définition du neutrino.*
Note de M. **Jacques Solomon**, présentée par M. Paul Langevin.

1. La nécessité de concilier le caractère continu des spectres des éléments radioactifs naturels ou artificiels avec les principes de conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement a conduit à l'hypothèse du neutrino : une particule neutre est émise en même temps que l'électron, son énergie et sa quantité de mouvement étant déterminées par le bilan de ces deux grandeurs.

Jusqu'ici les propriétés du neutrino *en tant que particule* sont à peu près inconnues. Son moment magnétique semble extrêmement faible, sa masse est très probablement nulle, quoique certains faits récents semblent plaider en faveur d'une masse du même ordre de grandeur que celle de l'électron. Ses autres propriétés (spin, statistique) ne sont connues que de façon indirecte.

Par ailleurs, on a cherché à mettre le neutrino en relation avec le rayonnement électromagnétique (L. de Broglie), ou encore avec le champ de gravitation. Quel que soit le sort réservé à ces tentatives, il nous a semblé intéressant de chercher à préciser les relations entre ces deux aspects du problème du neutrino.

2. Il s'agit, en somme, dans notre problème, d'un système non-conservatif (noyau + électron émis) que l'adjonction d'un autre système (neutrino) rend conservatif. Réciproquement, si nous savons que le système total satisfait aux principes de conservation, et par suite aux lois d'évolution de la mécanique quantique, comme le système (noyau + électron émis) satisfait également à ces lois d'évolution, il en résulte que le système adjoint (neutrino) doit également satisfaire à ces lois.

3. Nous supposons que le système partiel I est défini par un certain nombre de variables a, de même que le système partiel II l'est par les variables b. Soient en l'absence d'interaction, $\psi_i(a)$ les fonctions propres de I, $\varphi_j(b)$ les fonctions propres de II. Soit enfin $V(a, b)$ l'interaction de I et II. L'élément de matrice correspondant à la transition $i \rightarrow i'$, $j \rightarrow j'$ est défini par

$$(ij \mid V \mid i'j') = \int \psi_i^*(a)\varphi_j^*(b)V(a, b)\psi_{i'}(a)\varphi_{j'}(b)\, da\, db.$$

Développons $\varphi_j(b)$ en série de Fourier

$$\varphi_j(b) = \sum_k f_k^j\, e^{\frac{i}{\hbar}\sum_r p_{k,r}^{(j)} b_r},$$

et posons

$$b_r = \bar{b} + \beta_r, \qquad \sum_r \beta_r = 0,$$

$$\sum_r p_{k,r}^{(j)} = p_k^{(j)},$$

$$W_{kk'}^{jj'}(a, \bar{b}) = \int e^{-\frac{i}{\hbar}\sum_r p_{k,r}^{(j)}\beta_r}\, V(a, \bar{b} + \beta)\, e^{\frac{i}{\hbar}\sum_{r'} p_{k',r'}^{(j')}\beta_{r'}}\, d\beta,$$

l'élément de matrice s'écrit

$$(ij \mid V \mid i'j') = \sum_{kk'} \int f_k^{j*}\, e^{-\frac{i}{\hbar}p_k^{(j)}\bar{b}}\, \psi_i^*(a)\, W_{kk'}^{jj'}(a, \bar{b})\, \psi_{i'}(a)\, f_{k'}^{j'}\, e^{\frac{i}{\hbar}p_{k'}^{(j')}\bar{b}}\, da\, d\bar{b}.$$

Soit alors $\bar{p}^{(j)}$ une certaine moyenne (pondérée) des $p_k^{(j)}$ et

$$\varpi_k^{(j)} = p_k^{(j)} - \bar{p}^{(j)}.$$

Posons

$$\overline{\mathrm{V}}(a, \overline{b}) = \sum_{kk'} f_k^{j*} c^{-\frac{i}{\hbar}\varpi_k^{(j)}\overline{b}} \mathrm{W}_{kk'}^{jj'} f_{k'}^{j'} e^{\frac{i}{\hbar}\varpi_{k'}^{(j')}\overline{b}},$$

l'élément de matrice prendra la forme

$$(ij \,|\, \mathrm{V} \,|\, i'j') = \int \psi_i^*(a)\, e^{-\frac{i}{\hbar}\overline{p}^{(j)}\overline{b}}\, \overline{\mathrm{V}}(a, \overline{b})\, e^{\frac{i}{\hbar}\overline{p}^{(j')}\overline{b}}\, \psi_{i'}(a)\, da\, d\overline{b},$$

c'est-à-dire la forme qu'on lui connaît dans la théorie du neutrino, les exponentielles imaginaires correspondant alors aux ondes planes des neutrinos, $\overline{b}$ désignant la *position* du neutrino, et $\overline{\mathrm{V}}(a, \overline{b})$ étant un opérateur qui est constant dans la théorie de Fermi, proportionnel à $d/d\overline{b}$ dans celle de Konopinski et Uhlenbeck.

Ainsi l'interaction d'un système avec un autre peut être en général décrite en assignant à ce second système une position $\overline{b}$ (correspondant à celle de son centre de gravité) et des fonctions d'onde qui sont des ondes planes. Naturellement l'interaction correspondante, qui résulte d'une moyenne sur les coordonnées b caractérisant le système adjoint a une forme plus ou moins compliquée suivant la structure même du système adjoint.

On voit donc que la théorie de la désintégration β sous sa forme actuelle n'implique nullement l'existence d'une *particule* nouvelle, le neutrino, mais simplement un certain nombre de propriétés structurales du système adjoint nécessaire pour rendre le système total conservatif.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Remarques sur l'énergie propre transversale d'un électron.* Note de M. **Guido Beck**, présentée par M. Paul Langevin.

Il est bien connu que l'électrodynamique quantique fournit deux termes pour l'énergie propre d'un électron en interaction avec le champ électromagnétique : l'énergie longitudinale, correspondant à l'énergie propre du champ coulombien, et l'énergie transversale, due à l'interaction avec le champ de radiation. Une interprétation physique de l'énergie transversale, qui représente un phénomène purement quantique, n'a pas été donnée jusqu'ici.

Nous voulons démontrer ici que l'énergie transversale d'un électron de Dirac peut être interprétée comme énergie du champ magnétique produit par le spin de l'électron.

Le champ classique d'un dipole magnétique $\vec{\mu}$ est représenté par un potentiel vecteur

(1) $$\vec{A} = \frac{[\vec{\mu}, \vec{r}]}{r^3}.$$

Soit

$$\vec{A}_{\vec{k}} = \frac{hc}{2\pi}\sqrt{\frac{4\pi}{h\nu_k}}\,\vec{a}_{\vec{k}}\,\frac{e^{i\vec{k}\vec{r}}}{\sqrt{L^3}}, \qquad \vec{a}_{\vec{k}}\vec{k} = 0$$

un système complet d'ondes planes transversales ($\vec{k}$ = vecteur d'onde, $\vec{a}_{\vec{k}}$ = vecteur de polarisation), qui est normalisé de telle sorte que l'énergie correspondant au champ $\vec{A}_{\vec{k}}$ est $h\nu_k$. Alors (1) peut être développé suivant les $\vec{A}_{\vec{k}}$:

(2) $$\vec{A} = \sum_{\vec{k}} t_{\vec{k}}\vec{A}_{\vec{k}}$$

avec les coefficients

(3) $$t_{\vec{k}} = \frac{i}{\sqrt{L^3}}\sqrt{\frac{4\pi}{h\nu_k}}\,\vec{\mu}\left[\vec{a}_{\vec{k}}, \frac{\vec{k}}{k}\right].$$

D'après la théorie quantique des champs, l'interaction entre un électron de Dirac et le champ de radiation est donnée par

(4) $$H = \sum_{\vec{k}} \sqrt{4\pi}\, e\, c\, q_{\vec{k}}\, \vec{a}_{\vec{k}}\, \vec{\alpha}\, \frac{e^{i\vec{k}\vec{r}}}{\sqrt{L^3}},$$

où $q_{\vec{k}}$ est un opérateur qui augmente le nombre de photons $\vec{k}$ d'une unité et $\vec{\alpha}$ représente les matrices de Dirac. Cette interaction a pour cause des productions dites virtuelles de photons $\vec{k}$ et des transitions correspondantes de l'électron initialement au repos vers quatre états d'impulsion

$$\vec{p}_{\vec{k}} = -\frac{h}{2\pi}\vec{k}$$

et d'énergie $w_k = c\sqrt{p_k^2 + m^2c^2}$:

I. *a*. $w_k > 0$, sans renversement du spin,

b. $w_k > 0$, avec renversement du spin;

II. *a*. $w_k < 0$, sans renversement du spin,

b. $w_k < 0$, avec renversement du spin.

Les éléments de matrice de (4) correspondant aux transitions du

type I, *a* sont

$$\text{(5)}\qquad H_{\vec{k}} = \frac{i}{\sqrt{L^3}}\,\frac{h}{2\pi}\,\frac{e}{mc+\frac{w_k}{c}}\,c\sqrt{\frac{h}{2\pi\nu_k}}\,[\vec{a}_{\vec{k}},\vec{k}]_{\text{spin}}.$$

Nous observons que les éléments de matrice $H_{0\vec{k}}$ sont en relation étroite avec les coefficients de développement $t_{\vec{k}}$ de la théorie classique, de telle sorte que pour des transitions réelles $H_{0\vec{k}}/E_k - E_0$ correspond directement à $t_{\vec{k}}$, tandis que dans le cas de transitions dites virtuelles $H_{0\vec{k}}/E_{\vec{k}} - E_0$ correspond à $\sqrt{1/2}\,t_{\vec{k}}$ (¹). En posant $E_k - E_0 = h\nu_k + w_k - mc^2 \sim h\nu_k$, $mc + w_k/c \sim 2mc$, pour des valeurs $k < 2\pi mc/h$, c'est-à-dire des distances $r > h/2\pi mc$, nous obtenons facilement d'après (5) et (3),

$$\frac{H_{0\vec{k}}}{E_k - E_0} \cong \frac{i}{\sqrt{L^3}}\sqrt{\frac{2\pi}{h\nu_k}}\,\vec{\mu}\left[\vec{Q}_{\vec{k}},\frac{\vec{k}}{k}\right],$$

où $\vec{\mu}$ est un vecteur de la direction du spin (σ_z) et de la grandeur $(h/2\pi)(e/2mc)$. De la même façon on démontre facilement que les transitions I, *b* correspondent à un champ de deux dipôles perpendiculaires à la direction du spin (σ_x, σ_y). Cependant, il n'est pas possible d'attribuer un sens physique simple au champ produit par les transitions II, *a b*.

L'énergie propre correspondant à (5), $E_t = \sum_{\vec{k}} H_{0\vec{k}} H_{\vec{k}0}/E_k - E_0 \sim \int^{\infty} dk$, conduit à une divergence du même type que l'énergie du champ coulombien, tandis que l'inclusion des transitions vers les états d'énergies négatives de l'électron II, *a b* conduit à $E_t \sim \int^{\infty} k\,dk$, donc à une divergence plus élevée.

Nous concluons de ces calculs :

1° que l'énergie du champ propre transversale de l'électron correspond à un champ magnétique du spin qui, pour des distances $r > h/2\pi mc$, est équivalent au champ d'un dipôle classique;

2° que les transitions dites virtuelles vers des états d'énergies négatives ne correspondent pas à un phénomène réel et qu'elles doivent évidemment être exclues comme des transitions analogues dans la théorie des lacunes de Dirac.

(¹) Cette relation sera discutée sous peu d'une façon plus générale dans un autre Recueil.

EFFET RAMAN. — *Sur le spectre Raman de l'acide molybdique en solution aqueuse.* Note ([1]) de Mlle **Marie Théodoresco**, transmise par M. Charles Fabry.

Les études comparatives des spectres Raman de quelques molybdates dont j'ai donné les résultats ([2]) m'ont encouragée à chercher, pour le comparer ensuite, le spectre Raman de l'acide molybdique MoO^4H^2 en solution dans l'eau.

Cet acide a été obtenu par Mlle Murgier, qui donnera séparément le procédé de préparation. Ce procédé donne des solutions concentrées et stables. Les solutions d'acide molybdique utilisées ont été filtrées et titrées. Leur titre a varié entre 1,6 et 2.

Le spectre Raman de ces solutions est caractérisé par une sorte de triplet. Je rappelle que, dans ma Note précédente ([1]), j'ai insisté sur l'espèce de doublet que présentent les spectres Raman du molybdate neutre du sodium, du molybdate d'ammoniaque et du paramolybdate de sodium.

Le triplet du spectre Raman de l'acide molybdique comprend la raie (F) 950 cm^{-1}, la raie (assez F) 901 cm^{-1} et la raie fine et peu intense 853 cm^{-1}. C'est cette dernière qui ne paraît pas avoir de raie correspondante dans les molybdates précédents. Par rapport au doublet de ces mêmes molybdates, le triplet de l'acide molybdique se trouve décalé vers les grandes longueurs d'onde. Je rappelle que le doublet du molybdate d'ammoniaque qui est aussi celui du paramolybdate de sodium se trouve également décalé vers les grandes longueurs d'onde par rapport au doublet du molybdate neutre de sodium. Par conséquent, le doublet du molybdate neutre de sodium se trouve plus loin du triplet de l'acide molybdique que ne l'est le doublet du molybdate d'ammoniaque.

Nous avons relevé encore d'autres raies beaucoup moins nettes dans le spectre Raman de l'acide molybdique. Je les donne sous toute réserve : une bande vers 435 cm^{-1} et les raies dont les fréquences Raman sont environ 365-329-278-216 cm^{-1}.

Le spectre Raman de l'acide molybdique paraît plus riche que celui du molybdate neutre de sodium $MoO^4Na^2 + 2H^2O$. Je rappelle que le spectre Raman de ce dernier corps m'a permis de relever trois raies immédiate-

([1]) Séance du 12 septembre 1938.
([2]) *Comptes rendus,* 206, 1938, p. 753.

ment apparentes, les raies 897-839 cm^{-1}, qui forment le doublet et la raie large, mais intense, 313 cm^{-1} (F). Cette dernière raie fait penser à la raie 329 cm^{-1} environ de l'acide molybdique.

Je rappelle également les raies que nous avons relevées dans le spectre Raman du molybdate d'ammoniaque $Mo^7O^{24}(NH^4)^6 + 4H^2O$ et dont quelques-unes sont probablement multiples, 1° 938 cm^{-1} (TF), 892 cm^{-1} (F) ces deux raies forment doublet; 2° deux raies d'intensité moyennes, 349-211 cm^{-1} (peut-être multiples); 3° deux raies faibles, 431-293 cm^{-1} (peut-être multiples).

Par sa richesse le spectre de l'acide molybdique se rapproche de celui du molybdate d'ammoniaque.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Influence des dimensions des récipients de combustion sur la vitesse d'oxydation des mélanges de pentane et d'oxygène.* Note de M. **Marcel Prettre**.

Il a été montré [1] que la vitesse d'oxydation des mélanges de pentane normal et d'oxygène satisfait aux lois des réactions en chaînes fréquemment ramifiées. La nature des réactions élémentaires constituant ces chaînes ne peut être élucidée en raison de la grande diversité des produits intermédiaires qui se forment au cours de cette combustion. Certains de ces produits sont des individualités très instables nécessaires à la propagation des chaînes, probablement des radicaux libres organiques, qui, en présence d'oxygène, échappent aux méthodes habituelles d'identification et de dosage.

Les techniques cinétiques permettent cependant d'apporter des précisions importantes sur le mécanisme des étapes principales de ces chaînes : réaction initiale, réactions de ramification et réactions d'interruption. L'étude quantitative [2] de l'influence accélératrice de gaz chimiquement inertes impose déjà de conclure que les chaînes sont certainement interrompues aux parois.

L'étude de la combustion lente des mêmes mélanges dans des récipients de dimensions différentes confirme ces conclusions et apporte de nouveaux renseignements. Un premier travail a consisté à rechercher si les parois

---

(1) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 954 et 1176.

(2) Prettre, *Ann. Comb. liqu.*, 12, 1937, p. 411.

agissent ou non sur la réaction initiale des chaînes. Dans ce but, la combustion des mêmes mélanges a été étudiée dans un récipient possédant sensiblement le même diamètre que ceux utilisés antérieurement, mais doté d'une grande surface périphérique qui est réalisée en disposant sur les parois de fines baguettes de verre. Dans ce nouveau récipient, la vitesse d'oxydation n'est jamais supérieure à celle observée dans les récipients habituels. L'augmentation de surface est donc incapable d'accroître le nombre de chaînes qui prennent naissance dans l'unité de temps, *la réaction initiale est homogène.*

Les recherches ont été poursuivies par l'étude de la combustion dans des récipients de diamètres différents. Dans chaque récipient, la vitesse d'oxydation satisfait toujours en fonction du temps t, durant la période d'accélération initiale, à la loi antérieurement obtenue

$$W = A(e^{\varphi t} - 1), \tag{1}$$

où A est une constante et où φ varie avec les concentrations selon

$$\varphi = k P_c P_t^2; \tag{2}$$

P_c étant la pression partielle de pentane, P_t la somme des pressions des réactifs et k une constante. Pour des conditions données de température et de pressions, la valeur de φ diminue avec le diamètre d des récipients. Le tableau suivant donne quelques valeurs numériques de la fonction φ obtenues pour divers mélanges à la température de 270°C.

Mélange....	$C^5H^{12} + O^2$.		$C^5H^{12} + 3O^2$.	
d.	$P_t = 400$ mm.	300 mm.	400 mm.	300 mm/Hg.
52 mm...........	1,105	0,470	0,525	0,240
25 »	0,970	0,440	0,490	0,215
15 »	0,630	–	–	0,125
12 »	0,375	0,180	0,190	0,098

Ces résultats prouvent qu'à pression et température constantes, la fonction φ varie avec le diamètre d selon la relation

$$\varphi = a - \frac{b}{d^2}, \tag{3}$$

où a et b sont des constantes.

On doit en conclure que si les parois interrompent bien les chaînes, elles ne se limitent pas à cette seule intervention. En effet la théorie des chaînes prévoit, et l'expérience a souvent confirmé ([3]) que, dans le cas

([3]) PRETTRE, *Réactions en chaînes*, 3 vol., Paris, 1936-1938.

d'une simple inhibition, la fonction φ croît au moins comme le carré du diamètre. L'influence de d décelée ici étant nettement inférieure, les parois doivent agir simultanément d'une autre manière sur la combustion et cette seconde action compense en partie l'effet inhibiteur. Cette influence nécessairement favorable ne saurait s'exercer sur la réaction initiale d'après les résultats précédents, elle ne peut non plus concerner les réactions de propagation qui sont homogènes par définition; *c'est donc la réaction de ramification des chaînes qui est hétérogène*.

Cette conclusion est en parfait accord avec la théorie des réactions en chaînes ramifiées développée par Semenoff [4]. Dans des conditions données de température et de concentrations, la fonction φ de la loi (1) doit varier avec d selon la relation (3), quand la réaction initiale est homogène, la réaction de ramification et les réactions d'interruption hétérogènes. Les expériences résumées dans la présente Note confirment expérimentalement la relation prévue par Semenoff et apportent des précisions importantes sur les étapes principales des chaînes d'oxydation des mélanges carburés.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'anhydride antimonieux et du sulfure d'antimoine sur les acides thiols.* Note de MM. **Yves Volmar** et **Ernest Weil**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons précédemment montré [1] que, si l'on remplace dans la préparation des émétiques l'anhydride antimonieux par le sulfure $Sb^2 S^3$, la réaction reste la même : tout le soufre est éliminé à l'état d'hydrogène sulfuré et le produit obtenu est l'émétique correspondant à l'acide alcool employé.

Nous nous sommes proposé également de rechercher ce que devient cette réaction, si l'on y remplace l'acide alcool par un acide thiol et, dans ce but, nous avons fait réagir, suivant notre technique habituelle, l'anhydride antimonieux et le trisulfure d'antimoine sur quelques acides thiols.

Nous sommes ainsi arrivés aux résultats suivants :

1° L'anhydride antimonieux se fixe sur les acides thiols α comme sur les

---

(4) *Chemical Kinetics and Chain Reactions*, 1 vol., Oxford, 1935.

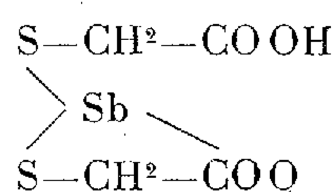
(1) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1904.

acides alcools α, et il n'y a pas élimination d'hydrogène sulfuré; il ne réagit pas sur les acides thiols β.

2° Les courbes de fixations en fonction du temps, de la température et de la neutralisation sont analogues à celles obtenues avec les acides alcools; mais à côté du maximum de fixation correspondant à un mélange équimoléculaire d'acide et de sel neutre, on observe également une forte fixation dans la région de grande acidité.

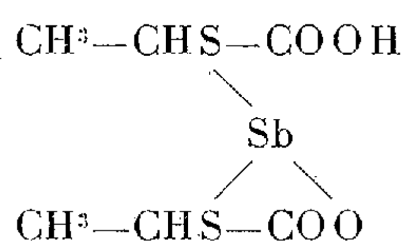
3° Nous avons pu ainsi préparer directement :

a. L'acide antimoniothioglycolique



et ses sels de sodium, d'ammonium, de zinc et de magnésium. Cet acide, déjà obtenu ainsi que son sel de sodium, par une autre méthode par Klason et Carlson ([2]), puis par Bamberg ([3]), se présente sous la forme de cristaux incolores fusibles à 201°-202°, solubles dans l'eau, surtout à chaud, insolubles dans les dissolvants organiques. Ses solutions aqueuses, comme celles de ses sels, peuvent être portées à l'ébullition sans s'hydrolyser.

b. L'acide antimoniothiolactique



et ses sels de sodium et de baryum. Il se présente sous la forme d'aiguilles incolores fusibles à 192°, solubles dans l'eau, surtout à chaud, insolubles dans les dissolvants organiques. Ses solutions aqueuses s'hydrolysent plus facilement à chaud que celles des dérivés antimoniothioglycoliques.

4° Le trisulfure rouge d'antimoine réagit sur les acides thiols comme sur les acides alcools : il y a élimination d'hydrogène sulfuré et le produit obtenu, toujours soufré, est identique aux thioémétiques précédents.

On peut donc en conclure que, lorsque l'anhydride antimonieux ou le sulfure d'antimoine réagissent sur un acide thiol, c'est, comme dans le cas

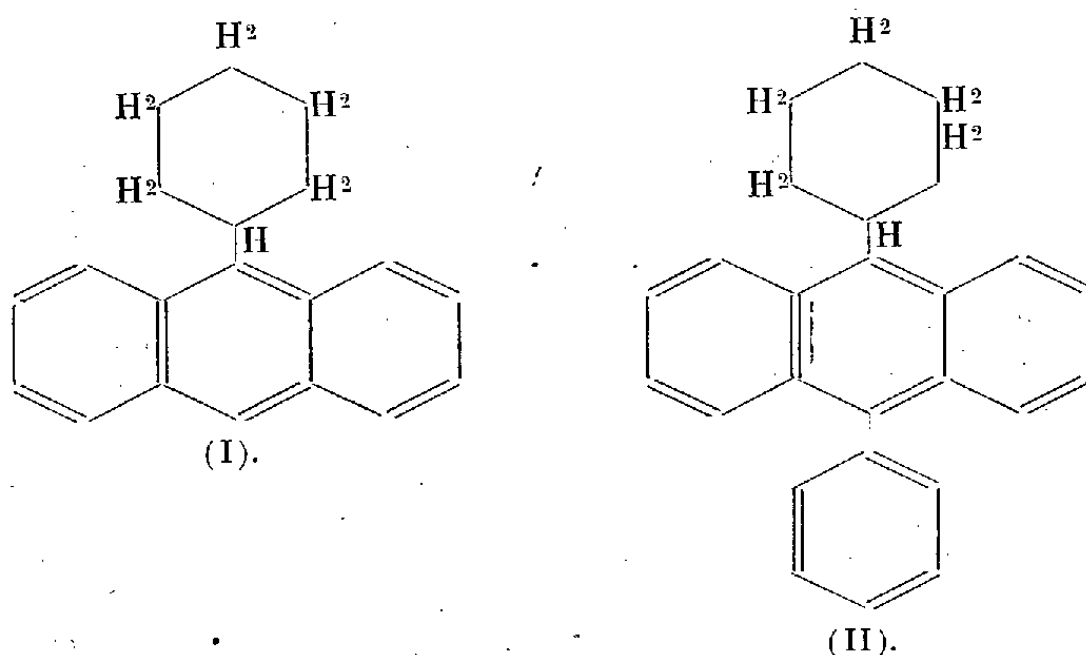
([2]) *Ber. d. chem. Ges.*, 39, 1905, p. 732.

([3]) *Ber. d. chem. Ges.*, 39, 1906, p. 1356.

des acides alcools, le groupement lié à l'antimoine qui est éliminé, le soufre du sulfhydryle étant plus solidement attaché à la molécule que l'oxygène ou le soufre liés à l'antimoine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les oxydes anthracéniques dissociables : photooxydes du cyclohexyl-9-anthracène et du phényl-9-cyclohexyl-10-anthracène.* Note de M. **Antoine Willemart**, présentée par M. Marcel Delépine.

On a déjà décrit la photooxydation et la dissociation des photooxydes de nombreux hydrocarbures anthracéniques diversement substitués en méso par des radicaux, soit aromatiques, soit aliphatiques [1]. Nous nous sommes proposé d'étendre l'étude de ces phénomènes à deux nouveaux hydrocarbures anthracéniques : le cyclohexyl-9-anthracène (I) et le phényl-9-cyclohexyl-10-anthracène (II)



L'intérêt de ces nouveaux composés réside en ce qu'ils ne diffèrent en structure du phényl-9-anthracène et du diphényl-9.10-anthracène que par saturation de l'un des phényles par 6 atomes d'hydrogène, ce qui, par conséquent, supprime le caractère aromatique de l'un des substituants en méso.

Le cyclohexyl-9-anthracène et le phényl-9-cyclohexyl-10-anthracène, qui, à notre connaissance, n'ont pas encore été préparés, ont pu être obtenus par la méthode habituelle, c'est-à-dire par l'action du chlorure de cyclohexylmagnésium soit sur l'anthrone, soit sur la phényl-9-anthrone. Le cyclohexyl-9-anthracène, se présentant sous forme de cristaux *tribolu-*

(1) A. Willemart, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 556.

minescents, fond à 135-136° et le phényl-9-cyclohexyl-10-anthracène fond à 231-232°; ils donnent tous deux des solutions fluorescentes dans les divers solvants habituels. Le spectre d'absorption en solution chloroformique dans la région ultraviolette voisine du visible se compose d'un ensemble de quatre bandes caractéristiques ci-dessous

Cyclohexyl-9-anthracène	3900	3700	3500	3340 Å
Phényl-9-cyclohexyl-10-anthracène	4000	3790	3600	3410 Å

qui sont exactement analogues aux bandes d'absorption soit du méthyl-9 et de l'éthyl-9-anthracène d'une part, soit du phényl-9-méthyl-10 et du phényl-9-éthyl-10-anthracène d'autre part.

Ces deux nouveaux hydrocarbures anthracéniques se combinent molécule à molécule avec l'anhydride maléique pour donner des produits d'addition fondant respectivement vers 315° pour le cyclohexyl-9 anthracène et vers 340° pour le phényl-9-cyclohexyl-10-anthracène.

Enfin, et c'est là l'objectif principal de notre étude, ces deux nouveaux hydrocarbures sont capables d'absorber l'oxygène sous l'influence de la lumière dans les conditions habituelles pour donner naissance à des photooxydes de formules $C^{20}H^{20}O^2$ et $C^{26}H^{24}O^2$. Ces nouveaux photooxydes, soumis à l'action de la chaleur, se comportent différemment. Celui du cyclohexyl-9-anthracène ne dégage pas d'oxygène, ce qui est d'ailleurs conforme à l'action de la chaleur sur les photooxydes déjà étudiés des hydrocarbures anthracéniques monosubstitués en méso par un radical aliphatique méthyle ou éthyle. Au contraire, celui du phényl-9-cyclohexyl-10-anthracène dégage une quantité d'oxygène correspondant à 48 pour 100 de la quantité théorique : il est en cela comparable aux photooxydes du phényl-9-méthyl-10-anthracène (20 pour 100 d'oxygène) et du phényl-9-éthyl-10-anthracène (35 pour 100 d'oxygène).

En résumé le cyclohexyl-9-anthracène et le phényl-9-cyclohexyl-10-anthracène sont aussi capables de se photooxyder que le phényl-9-anthracène et le diphényl-9-10-anthracène; par conséquent, le changement de structure résultant de la saturation d'un radical phényle par 6 atomes d'hydrogène ne fait pas perdre le caractère de photooxydabilité. Par contre la dissociation des photooxydes obtenus obéirait aux règles déduites des expériences antérieures concernant la nature des substituants en méso : alors que le photooxyde de phényl-9-anthracène dégage 12 pour 100 de son oxygène ([2]), celui du cyclohexyl-9-anthracène n'en dégage plus; de même

([2]) CH. DUFRAISSE, L. VELLUZ et Mme L. VELLUZ, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 327.

alors que le photooxyde du diphényl-9-10-anthracène dégage 96 pour 100 de son oxygène ([3]), celui du phényl-9-cyclohexyl-10-anthracène n'en dégage plus que 48 pour 100.

Cette étude met en relief le rôle joué par la nature aromatique des substituants en méso dans une molécule anthracénique pour le phénomène de l'*oxydabilité réversible* et confirme en quelque sorte nos conclusions précédentes.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Couronnes et Anticouronnes dans les brouillards naturels au sommet du Puy de Dôme.* Note de M. **Jean Bricard**, transmise par M. Charles Maurain.

Lorsque le rayon moyen des particules est inférieur à 8^{μ}, il est impossible de déceler photographiquement la présence d'anneaux de diffraction dans les couronnes qu'on aperçoit en lumière monochromatique, en observant un projecteur à travers le brouillard ([1]). Pour de telles dimensions des particules, il est vraisemblable que les variations de la courbe de diffraction ne se manifestent plus que par des variations du rayon de courbure de la courbe photométrique représentant l'intensité lumineuse le long des couronnes auxquelles l'œil est sensible (Effet Mach) ([2]).

Étude des couronnes en rapport avec la distribution des fréquences en fonction du rayon. — Un arc à mercure accompagné d'un filtre convenable constitue une source monochromatique. Il est placé au fond d'un tube muni de diaphragmes ce qui donne un faisceau très étroit de 18′ d'ouverture, c'est-à-dire pratiquement parallèle. En regardant l'arc ainsi diaphragmé à travers une épaisseur de quelques mètres de brouillard, on aperçoit autour de lui une série d'anneaux alternativement sombres et brillants parmi lesquels les deux premiers anneaux sombres sont assez nets pour qu'il soit possible de mesurer leur diamètre angulaire; la précision des mesures n'est limitée que par la netteté des anneaux. En même temps les rayons des gouttelettes sont déterminés directement par microphotographies ([1]) à $0^{\mu},2$ près; j'ai opéré sur un grand nombre de gouttes (400 à 500); ce qui m'a permis de tracer les courbes de distribution en fonction

([3]) Ch. Dufraisse et J. Le Bras, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 349.

([1]) Bricard, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1036.

([2]) Mach, *Wien Ber.*, **52**, 1863, p. 303; **54**, 1865, p. 133-134.

du rayon. Ces courbes ont toutes l'allure générale de la courbe de Gauss, et présentent toutes un maximum unique. L'intensité diffractée étant proportionnelle au produit N^2R^4 (N fréquence des gouttes agissantes de rayon R) j'ai calculé les variations de celui-ci en fonction du rayon et j'ai trouvé les résultats suivants qui me semblent satisfaisants étant donné la précision des mesures :

	μ	μ	μ	μ
Rayon calculé d'après les diamètres des couronnes....	10,3	6,7	5,7	7,8
Rayon de fréquence maxima (mesures microscopiques).	9,8	6,7	5,6	8,2
Rayon correspondant à N^2R^4 maxima (mesures microscopiques)..	9,8	7,1	6,0	8,2

Anticouronnes. — Un projecteur comprenant une lampe pointolite de 1000 bougies et une lentille à échelons de 40^{cm} de diamètre donne un faisceau à peu près parallèle. En le regardant à travers une épaisseur de quelques mètres de brouillard, on aperçoit les couronnes. En lui tournant le dos et en regardant dans le sens de la lumière, on voit autour de l'ombre de la tête :

1° une petite couronne sombre très peu visible noyée dans le centre blanc;

2° trois séries de couronnes irisées semblables à celles qu'on observe directement et dont l'intensité diminue quand on s'éloigne du centre;

3° sans solution de continuité bien nette avec les précédentes, deux ou trois couronnes blanches irisées de rouge, dont l'intensité augmente quand on s'éloigne du centre, et une autre plus nette, cette dernière étant sans doute le premier arc-en-ciel blanc accompagné de ses surnuméraires. Leur nombre est d'autant plus élevé que les gouttes sont plus grosses, c'est-à-dire que le diamètre des arcs-en-ciel est plus grand et celui des couronnes plus petit;

4° une couronne blanche de plus grand diamètre encore et qui doit être l'arc-en-ciel blanc correspondant à deux réflexions.

En examinant les couronnes et en se retournant de 180°, on peut observer presque simultanément les deux phénomènes. C'est ainsi qu'avec des filtres colorés j'ai constaté qu'en lumière verte, puis jaune, la première anticouronne sombre nettement visible coïncide exactement avec le second anneau sombre observé directement; un examen plus attentif montre que la plus petite anticouronne noyée dans le centre blanc semble coïncider avec le premier anneau sombre direct, mais cette observation est délicate. J'ai calculé le rayon des gouttes correspondantes d'après les dimensions des trois premières anticouronnes observées en admettant que la première

anticouronne sombre nettement visible soit la seconde couronne de diffraction, et j'ai obtenu les résultats suivants :

Première anticouronne.		Deuxième anticouronne.		Troisième anticouronne.	
Demi-diamètre.	Rayon calculé.	Demi-diamètre.	Rayon calculé.	Demi-diamètre.	Rayon calculé.
°	μ	°	μ	°	μ
4,45	7,8	6,57	7,7	10,6	7,1
4,42	7,9	6,20	8,4	8,30	8,3
4,4	9,1	7,8	7,5	9,30	7,5
5,10	7,2	7,30	7,2	8,49	7,2

Les mesures d'arcs-en-ciel sont plus difficiles encore car leurs limites sont mal définies. Les ordres de grandeur des résultats que j'ai obtenus sont en accord avec la théorie.

En les examinant à travers un bilame de Savart, j'ai trouvé sur ces couronnes et arcs-en-ciel la présence d'une notable quantité de lumière polarisée qui semble plus intense lorsque le vecteur lumineux est dirigé suivant le rayon qui suit la tangente aux couronnes. Ce fait en accord avec la théorie en ce qui concerne l'arc-en-ciel, demande à être vérifié par des mesures photométriques.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de cyanure de benzyle dans l'essence concrète de Karo Karoundé.* Note de MM. **Sébastien Sabetay**, **Léon Palfray** et **Lucien Trabaud**, présentée par M. Marcel Delépine.

On traite à Labé, en Guinée française, en vue de l'utilisation dans l'industrie des parfums, les fleurs d'un arbuste dénommé par les indigènes *Karo Karoundé*, que l'on prit au début pour une espèce de jasmin et dont l'essence avait été offerte dans le commerce sous l'appellation d'*essence absolue de jasmin buissonnant de Guinée*. Aug. Chevalier reconnut dans cette plante une Rubiacée, *Leptactinia Senegambica* Hook. La floraison commence fin octobre, sitôt la saison des pluies terminée et se poursuit durant toute la saison sèche.

A la saison, le traitement des fleurs se fait à Labé, dans l'usine de la Compagnie Africaine des Plantes à parfums (C. A. P. P.), au moyen d'éther de pétrole raffiné. Au cours d'une période, 8100^{kg} de fleurs ont fourni 10^{kg},800 d'essence concrète, ce qui donne un rendement de 1^{kg},333 de concrète par 1000^{kg} de fleurs. Ce rendement n'est pas très élevé, si on le compare à ceux de la rose et du jasmin, qui donnent respectivement 2 et 3^{kg} de concrète par 1000^{kg} de fleurs.

L'*essence concrète de Karo Karoundé* se présente sous la forme d'une masse semi-solide, de coloration rouge orangé. Son point de goutte est 44°. Sa teneur en azote (Kjeldahl ou Micro-Dumas) est de 1,2 pour 100.

L'*essence absolue de Karo Karoundé*, obtenue, avec un rendement de 60 à 65 pour 100, par l'épuisement de la concrète au moyen d'alcool à 95 pour 100, se présente sous la forme d'un liquide légèrement sirupeux, prenant, avec le temps, une coloration très foncée.

Le *rendement analytique de la concrète* (entraînable sous vide ou absolue décolorée), déterminé, selon le procédé préconisé par Naves, Sabetay et Palfray ([1]), sur des portions de 20 à 22^g de concrète, est en moyenne 15,1 pour 100. C'est un liquide jaune d'or, assez mobile malgré sa densité élevée, à odeur caractéristique et puissante; il représente la totalité du parfum contenu dans la concrète. Il donne quelques réactions colorées (verte avec $FeCl^3$, jaune brun avec $SbCl^3$, bleue avec le réactif de Bezssonoff à froid) et possède les indices suivants (*apparents*, à cause de la présence simultanée d'esters, de phénols et de nitriles) : D_{15}^{15} 0,9944; n_D^{20} 1,5150; α —20°; I.A. 17,3; I.E. 38,1; I.E. (après acétylation à chaud) 138; I.E. (après formylation à froid) 174,5; méthoxyle 3,1 %. Absorbable par KOH à 4 pour 100 à froid (phénols + acides) 32 %. Azote 4,6 % ([2]).

Les *cires résiduelles* se présentent sous l'aspect d'une masse solide, rouge orangé, point de goutte 50°, et dont les indices (déterminés à la lumière de Wood, en présence de méthylombelliférone comme indicateur), sont I.A. 29,9 et I.E. 65,7.

L'entraînable sous vide, débarrassé d'acides, a été traité par NaOH à 3 pour 100. On a obtenu ainsi un mélange de phénols méthoxylés, à odeur poivrée d'œillet, d'où l'on a pu isoler l'*isoeugénol* (dérivé acétylé P.F. 79° : fusion mixte 79°). L'essence résiduelle a été distillée sous vide. On a obtenu, après plusieurs tours de distillation, les fractions principales, *a*. Eb_{760} 164-174°, n_D^{20} 1,4692, α +31°, à odeur de pinène; *b*. Eb_{10} 75-83°; *c*. Eb_{10} 85-100°; *d*. Eb_{14} 100-108°, fraction prépondérante; *e*. Eb_{14} 110-130°, à odeur fruitée et indolique, donnant les réactions de l'indol.

Nous avons concentré notre attention sur la fraction prépondérante *d* : n_D^{18} 1,5220; d_{17}^{17} 1,024, à forte odeur de nitrile (teneur en azote 8,6 %). Une série de saponifications comparatives, au moyen de la potasse éthano-

(1) *Annales de Chimie analytique*, **19**, 1937, p. 201.
(2) La description détaillée sera publiée dans un autre recueil.

lique (premier chiffre) et benzylique [3] (chiffre entre parenthèses), nous a donné des résultats convaincants (durée de chauffage à l'ébullition 1 heure) : entraînable sous vide I.E. 48,2 (215), fraction *d* 45,7 (337), cyanure de benzyle 27,9 (385). Le produit d'hydrolyse sentait fortement l'ammoniaque. L'identification du nitrile a été effectuée de la façon suivante :

Par chauffage à l'ébullition avec KOH à 50 pour 100 dans le diéthylène-glycol, il se dégage de l'ammoniac pendant plus d'une heure.

Une partie de la fraction *d* est chauffée pendant deux à trois minutes avec trois parties d'acide sulfurique (préparé en mélangeant 3 vol. $SO^4H^2 + 2$ vol. H^2O). Quand la violente réaction s'apaise, on reprend par l'éther. Après avoir chassé l'éther, on reprend à plusieurs reprises par de l'eau bouillante. Les filtrats sont concentrés. Par refroidissement dans la glace, il se dépose des feuillets blancs d'acide phénylacétique, à odeur caractéristique, F. 76° (recrist. dans H^2O), fusion mélangée F. 76°.

On fait une combinaison benzylidénique, elle fond à 86°. Par fusion mélangée avec un échantillon synthétique : $C^6H^5.C(CN):CH.C^6H^5$, aucune dépression.

On est donc en présence de cyanure de benzyle, $C^6H^5.CH^2CN$. D'après la teneur en azote de l'entraînable sous vide (4,6 °/₀) la teneur en cyanure y serait de l'ordre de 38 pour 100.

Les essences à nitriles sont plutôt rares. En faisant abstraction de celles qui contiennent de l'acide cyanhydrique, on a rencontré, dans des cas isolés, les nitriles phénylpropionique et vinylacétique. Le cyanure de benzyle a été rencontré probablement dans l'essence de néroli et sûrement dans les essences de capucine et de cresson des jardins [4], mais, d'après Gadamer [5], il y représenterait un produit secondaire, provenant de l'hydrolyse fermentative du benzylsénévol. Dans le cas du Karo Karoundé, il préexiste dans la fleur, puisque celle-ci n'a pas été soumise à la distillation à la vapeur, mais bien épuisée par des solvants volatils.

Disons, pour terminer, que l'odeur de l'essence de Karo Karoundé est complexe. Elle participe à la fois du jasmin, de l'oranger et de la tubéreuse, sa tonalité est tout à la fois jasminée et légumineuse.

---

(3) S. Sabetay et J. Sivadjian, *Journ. Pharm. et Chim.*, 8e série, 13, 1931, p. 530.

(4) A. W. Hofmann, *Ber. d. chem. Ges.*, 7, 1874, p. 518 et 1293.

(5) *Arch. der Pharm.*, 237, 1899, p. 111.

PHYSIOLOGIE. — *Les éphédrines agents actifs dans la lutte contre l'anoxémie.* Note de MM. **Léon Binet** et **Moïse Strumza**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'expérience prouve qu'il est possible de modifier la durée de la résistance des animaux à l'anoxémie. En faisant varier le degré d'anesthésie chez le chien chloralosé, on observe des variations de cette durée de résistance; plus l'anesthésie est poussée, moindre est la durée de sa résistance vis-à-vis des atmosphères sous-oxygénées (1). D'autre part, chez un chien chloralosé, une injection de morphine est suivie d'un abaissement net de cette durée de résistance (2). N'y a-t-il pas des agents pharmacologiques doués d'un pouvoir opposé, capables d'élever chez l'animal la durée de la résistance à l'anoxémie? Nous avons expérimenté avec la caféine, le camphre, la coramine, l'adrénaline etc. sans parvenir à mettre en évidence une action favorable. Nous avons alors pensé à utiliser l'éphédrine dont le pouvoir antihypnique bien connu le désignait comme antagoniste des agents dépresseurs.

Nous exposerons ici les résultats très favorables obtenus avec le *sulfate* et le *chlorhydrate d'éphédrine racémique*, ainsi qu'avec le *sulfate* de *noréphédrine* et de *pseudo noréphédrine racémiques*.

Des chiens, antérieurement chloralosés, respirent, à la volonté de l'expérimentateur, ou de l'air normal, ou une atmosphère artificiellement constituée dont le taux d'oxygène est abaissé à une valeur connue. Il est facile de mesurer, grâce à l'inscription de la respiration et de la tension artérielle, le comportement du chien soumis brusquement à une atmosphère sous-oxygénée, et de mesurer le temps qu'il met à présenter une syncope respiratoire. La respiration artificielle permet de ranimer l'animal et de refaire la même expérience. Dans les conditions normales, ainsi que nous avons eu l'occasion de le souligner ailleurs, ou bien les temps de résistance restent inchangés, ou bien ils s'améliorent, s'allongent, lorsque l'animal est sur la voie du réveil.

Que devient donc le chien dont la durée de résistance a été antérieurement mesurée et inscrite, après une injection d'*éphédrine*? Quelques brefs protocoles d'expériences vont nous permettre d'y répondre.

Un chien de 25^{kg}, chloralosé depuis 1 heure, est soumis à une atmo-

---

(1) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 806.
(2) 71e *Congrès des Soc. Savantes*, 20 avril 1938.

sphère sous-oxygénée de 2,41 pour 100 (15000^{m}); il résiste 6 min. 35 sec.; après réanimation, on lui fait une injection intra-veineuse de sulfate d'éphédrine racémique (500^{mmg}), et 10 minutes plus tard, il est soumis à la même épreuve anoxémiante; il résiste alors 18 minutes.

Un autre animal de 24^{kg}, chloralosé depuis 50 minutes, résiste 5 min. 30 sec. à une atmosphère contenant 2,41 pour 100 d'oxygène; il est réanimé, puis soumis à l'action du sulfate d'éphédrine (500^{mmg}); exploré à nouveau dans sa résistance à la même atmosphère sous-oxygénée, il ne présente un arrêt respiratoire qu'après 12 min. 30 sec.

Le chlorhydrate d'éphédrine s'est montré au moins aussi actif : un chien de 19^{kg}, chloralosé depuis 1 h. 10 min., résiste au mélange gazeux de 2,41 pour 100 d'oxygène pendant 4 min. 15 sec. Réanimé, il reçoit alors 450^{mmg} de chlorhydrate d'éphédrine racémique. La durée de résistance passe, 10 minutes après, à 13 min. 45 sec.

Une nouvelle expérience, conduite d'une façon indentique, sur un animal de 22^{kg}, chloralosé depuis 55 minutes, donne, comme durées de résistance : 3 min. 45 sec., et après 500^{mmg} de chlorhydrate d'éphédrine racémique, 11 min. 35 sec.

Nous avons également expérimenté avec des éphédrines déméthylées à l'azote : la noréphédrine et la pseudo-noréphédrine racémiques isolées ou associées.

La *noréphédrine* a présenté une activité évidente : un chien de 16^{kg}, anesthésié depuis 40 minutes, résiste 3 min. 55 sec. dans une atmosphère de 2,41 °/₀ d'oxygène; il est réanimé, traité par le sulfate de noréphédrine; il résiste alors 8 min. 10 sec. Deux autres chiens (un de 20^{kg} et l'autre de 28^{kg}) nous ont fourni respectivement les chiffres suivants : 4 min. 15 sec. et, après noréphédrine, 11 min. 15 sec.; 3 min. 10 sec. et 5 min. 20 sec.

Avec la *pseudo-noréphédrine* on a pu noter une élévation d'une durée de résistance de 2 min. 55 sec. à 7 min. 10 sec.

Une association de noréphédrine et de pseudo-noréphédrine, utilisée à la même dose et dans les mêmes conditions, nous a donné des résultats identiques; augmentation de la durée de résistance à une atmosphère contenant 2,41 pour 100 d'oxygène : de 6 min. 15 sec. à 18 min.; de 5 min. 15 sec. à 16 min. 45 sec.; de 10 min. 30 sec. à 35 min. 10 sec.

De tels résultats n'ont été enregistrés qu'avec des doses suffisantes, celles inférieures à 25^{mg} par kilogramme étant bien moins actives.

Par ailleurs, l'analyse nous a montré que ces effets favorables persistaient, mais nettement amoindris, chez des animaux ou à pneumogastriques sectionnés, ou à sinus carotidiens énervés et phénolés.

Conclusion. — La *durée* de résistance d'un chien chloralosé à une anoxémie aiguë (atmosphère contenant 2,41 pour 100 d'oxygène), peut être triplée par une injection d'éphédrine, de noréphédrine ou de pseudo-noréphédrine : cet effet s'explique par une action centrale et par une action périphérique de cet agent médicamenteux.

ZOOLOGIE. — *Le muscle protracteur des hypopharyngiens chez les Téléostéens dissymétriques.* Note de M. **Paul Chabanaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

Tous les Téléostéens dissymétriques (*alias* Pleuronectes ou *Heterosomata*) s'apparentent, à divers degrés, non aux Gadoïdes, selon l'opinion ancienne, mais bien aux Percoïdes typiques [1]. C'est donc à la morphologie de ceux-ci que doit être comparée celle de l'ensemble des Poissons dont il est question ici.

Le *protractor hypopharyngealium ossium musculus* est le plus latéral des muscles qui agissent sur les deux hypopharyngiens. Dans les Percoïdes des genres *Perca* [2], *Epinephelus* etc., l'extrémité antérieure de chaque protracteur hypopharyngien s'insère sur le côté dorsal du clidoste [3], non loin de l'extrémité rostrale de cet os. A leur insertion clidienne, les deux protracteurs se trouvent donc côte à côte.

Dans l'ensemble des Téléostéens dissymétriques, le point d'insertion du tendon antérieur des muscles en question diffère selon les familles [4], sans égard à la forme du clidoste.

1° *Psettodidæ*, *Soleidæ*, *Cynoglossidæ*. Les deux protracteurs s'insèrent sur le clidoste, à la façon des *Epinephelus* et des *Perca* (*fig.* 1 et 2).

2° *Achiridæ*. Les deux protracteurs s'insèrent côte à côte, sur la face ventrale du premier basibranchial (*fig.* 3).

3° *Scophthalmidæ*, *Pleuronectidæ*, *Samaridæ* et *Rhombosoleidæ*. Chaque protracteur s'insère rostralement sur l'hypobranchial de la branche concomitante du troisième arc (*fig.* 4).

---

(1) J. R. Norman, *A systematic Monograph of the Flatfishes*, 1, p. 1-9, fig. 1-8. London, 1934.

(2) Cuvier apud Cuvier et Valenciennes, *Histoire naturelle des Poissons*, 1, 1828, p. 412, tab. 5, n° 35.

(3) Le clidoste (*alias* urohyal, jugulaire etc.) est un os impair et médian, propre aux Téléostéens et surajouté ventralement aux pièces constitutives de l'arc hyoïde.

(4) Cf. P. Chabanaud, *Mémoires de l'Institut d'Égypte*, 32, 1937, p. 42 (tableau synoptique).

De ce point de vue particulier, les Téléostéens dissymétriques se répartissent donc en deux grands groupes : A, types pharyngo-clidiens (*Psettodidæ*, *Soleidæ*, *Cynoglossidæ*); B, types pharyngo-branchiens (*Achiridæ*, tous les *Pleuronectiformes*).

Ce groupe pharyngo-branchien se subdivise lui-même en deux sous-

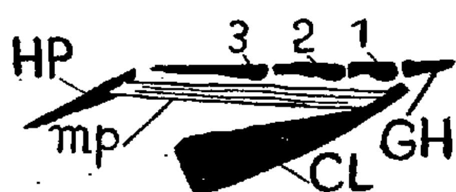


Fig. 1. — Type pharyngo-clidien (Percoïdes; Psettodidés; Cynoglossidés).

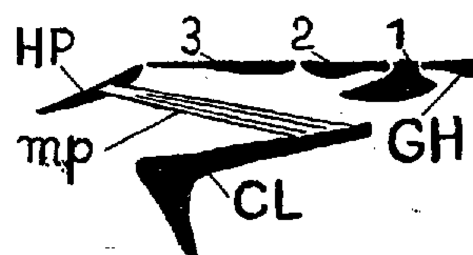


Fig. 2. — Type pharyngo-clidien (Soléidés).

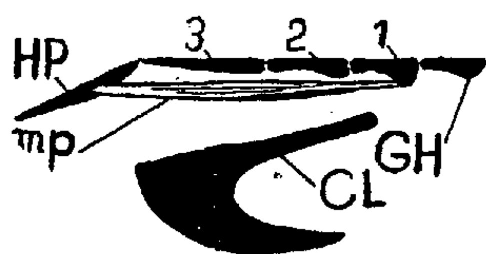


Fig. 3. — Type pharyngo-basibranchien (Achiridés).

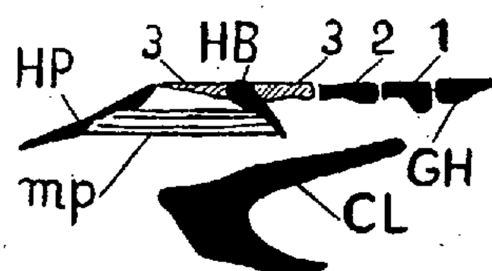


Fig. 4. — Type pharyngo-hypobranchien (Pleuronectiformes).

CL, clidoste; GH, glossohyal; HB, hypobranchial; HP, hypopharyngien; *mp*, muscle protracteur de l'un des hypopharyngiens; 1, 2, 3, basibranchiaux. Les quatre figures sont schématiques.

groupes : α, types pharyngo-basibranchiens (*Achiridæ*); β, types pharyngo-hypobranchiens (*Pleuronectiformes*).

Déjà apparentés aux *Psettodidæ* par la prorsalité de leur œil migrateur, les *Soleidæ* et les *Cynoglossidæ* s'en rapprochent encore par le caractère qui vient d'être décrit. Les *Pleuronectiformes*, au contraire, s'éloignent considérablement, aussi bien des *Psettodidæ*, des *Soleidæ* et des *Cynoglossidæ*, que des Percoïdes symétriques. Quant aux *Achiridæ*, leur morphologie apparaît, en quelque sorte, intermédiaire entre celle des *Soleidæ* et celle des *Pleuronectidæ* ou des *Rhombosoleidæ* et cela, non seulement sous le rapport du mode d'insertion des muscles protracteurs de leurs hypopharyngiens, mais encore sous celui de la structure de leur neurocrâne ([5]).

Seuls éléments qui subsistent d'un cinquième arc branchial, les hypopharyngiens sont homologues des hypobranchiaux des quatre arcs antérieurs; leur muscle protracteur s'apparente donc aux muscles pairs qui relient entre eux tous les arcs branchiaux, au niveau de ces mêmes hypobranchiaux. En conséquence, l'état pharyngo-hypobranchien semble le

([5]) P. Chabanaud, *Annales de l'Institut Océanographique*, 16, 1936, p. 223-297.

plus primitif et l'état pharyngo-basibranchien peut être considéré comme un stade d'une évolution vers le type pharyngo-clidien.

Même admise l'hypothèse d'une souche commune, les *Pleuronectiformes* de Regan, tous pharyngo-hypobranchiens, ne peuvent dériver des Percoïdes typiques actuels.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Vaccination contre le typhus exanthématique par virus sec de typhus murin provenant de puces infectées.* Note (1) de MM. **Georges Blanc** et **Marcel Baltazard**, présentée par M. Louis Martin.

Devant l'impossibilité d'obtenir des organes de cobayes un virus de constance égale et pouvant se conserver facilement et longtemps par dessiccation, nous avons tenté de résoudre le problème avec le virus de puces infectées et d'en préparer un vaccin bilié.

On sait que les puces du rat et celles de l'homme s'infectent facilement en piquant un rat inoculé de typhus murin; que, 48 heures après le repas infectant, elles sont virulentes et que toute leur vie elles restent infectées.

Nous avons montré que les déjections de ces puces étaient hautement virulentes; que, desséchées, elles gardaient leur pouvoir infectant pendant un temps considérable, au moins 325 jours et à un très haut titre, puisque 1/100 de milligramme, soit environ 1/10 de déjection, suffit à infecter l'homme.

Des puces de rat (*X. cheopis*) sont nourries exclusivement sur des rats blancs infectés de notre souche T. M. C. III; on récolte régulièrement les déjections qui sont immédiatement desséchées dans le dessiccateur à vide, mises en ampoules scellées dans le vide. Le vide est contrôlé au champ électrique alternatif de haute fréquence développé par un petit appareil de Tesla. Les ampoules sont conservées, par précaution, dans un appareil frigorigène à + 2° C., mais le virus résiste parfaitement bien à la température du laboratoire et même à une température plus élevée. Nous avons pu expédier en Afrique Occidentale, en simple boîte de bois, du virus sec qui est arrivé intact.

Biliation. — L'expérience nous a montré que la dose de bile applicable au virus de cobaye ne l'était pas au virus sec. Le virus de déjections de

(1) Séance du 19 septembre 1938.

puces n'est pas intracellulaire, les Rickettsies sont libres et se lysent très rapidement lorsqu'elles sont mises en milieu aqueux, même physiologique. L'abaissement de la tension superficielle provoqué par la bile facilite et précipite cette lyse. Après de nombreuses expériences qu'il n'y a pas lieu de donner ici, nous avons établi que le taux de bile le plus favorable était de 1/150e pour une dilution virulente contenant 1/100e de milligramme de déjections sèches par centimètre cube. Dans la technique pratique, nous prenons 1^{mg} de virus sec qui est dilué dans 100^{cm^3} de solution physiologique biliée à $6^g,66$ pour 1000, ce qui représente 100 doses de vaccin. Si l'on ne veut utiliser qu'un nombre de doses plus faibles, on fait une première dilution du virus dans 10^{cm^3} de solution physiologique et l'on ajoute 1^{cm^3} de cette dilution à 9^{cm^3} de solution physiologique biliée.

Actuellement, nous avons remplacé la solution physiologique par une solution tampon de pH 7,5 comprenant 250^{cm^3} de $NaHPO^4$ M/5 et 40^{cm^3} de HCl M/5 ajoutés à 710^{cm^3} d'eau. Cette dilution biliée ou non, suivant les besoins, est stérilisée en ampoules qui sont ensuite scellées.

A l'heure actuelle, nous avons appliqué notre nouvelle méthode de vaccination à 1073 personnes, dont 142 femmes et 224 enfants.

Progressivement, nous avons éprouvé l'immunité de ces vaccinés par inoculation de 100 doses virulentes de virus sec ou par forte dose de virus cobaye. L'épreuve a porté sur 93 volontaires dont 3 seulement ont fait une réaction fébrile de typhus murin. 68 autres éprouvés n'ont pas réagi et sont actuellement en observation. Le virus d'épreuve a régulièrement infecté le cobaye.

La facilité de conserver le virus sec, de l'envoyer au loin et de pratiquer, de façon progressive, la vaccination apportera une modification importante à notre première méthode.

Nos recherches actuelles s'appliquent à confirmer les résultats fournis par notre première expérimentation et tentent à réaliser, par une vaccination en plusieurs temps, une garantie aussi absolue que possible d'immunisation.

La séance est levée à 51^h30^m.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 OCTOBRE 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Obtention du cycle total de certaines Phanérogames en cultures aseptiques.* Note de M. **Marin Molliard.**

La méthode des cultures aseptiques permet le développement des végétaux supérieurs aux dépens de substances organiques variées et les plantes prennent dans ces milieux spéciaux des caractères morphologiques qui peuvent être importants; c'est ce qui a lieu pour le Radis se développant à l'intérieur de tubes qui ne communiquent avec l'extérieur que par l'intermédiaire d'un tampon d'ouate permettant les échanges gazeux; mais dans ces conditions on se borne à l'étude des modifications directes consécutives à l'absorption de substances définies quant à leur nature et à la dose sous laquelle elles sont administrées; on ne peut évidemment se rendre compte dans quelle mesure les caractères ainsi acquis sont ou non transmissibles qu'en faisant germer les graines obtenues; or la plante, le Radis, que j'ai surtout envisagée dans mes recherches relatives à l'action morphogène du milieu nutritif [1], ne développe qu'accidentellement son appareil floral, et plus rarement encore ses graines, à l'intérieur des tubes où on le force à effectuer son développement.

J'ai pu cependant obtenir pour cette plante, en présence d'une dose suffisante de sucre, un petit nombre de graines capables de germer; et plusieurs d'entre elles ont donné naissance à des plantules pourvues de trois cotylédons; or de Vries, dans ses études sur l'Œnothère, a été amené à considérer

---

(1) *Revue gén. Botan.*, 19, 1907, p. 241.

le caractère de la tricotylie comme constituant un indice de la mutabilité de l'espèce; quoi qu'il en soit, cette simple observation montre qu'il y aurait intérêt, pour entreprendre l'étude systématique de l'hérédité des caractères qui apparaissent à la suite de certaines conditions de nutrition, à s'adresser à des plantes capables de donner naissance, en cultures aseptiques pratiquées à l'intérieur de flacons de verre, à tout le cycle de leur développement et capables, en particulier, de produire des graines d'une manière régulière. Je me suis adressé, en conséquence, à toute une série d'espèces, et certaines se sont trouvées remplir les conditions requises et convenir, par suite, à l'étude de l'hérédité dans des conditions précises; je me contenterai de signaler un certain nombre de plantes qui, par la rapidité de leur développement, la facilité avec laquelle leurs graines se stérilisent, peuvent se prêter à de telles recherches.

C'est tout d'abord le cas du Mouron (*Stellaria media* L.) qui présente la même plasticité que le Radis et se trouve capable de produire fleurs et graines en grande quantité pourvu qu'il lui soit fourni une dose de sucre suffisante; cette substance se substitue à l'action de la lumière qu'on ne peut guère faire agir sur la plante autrement que sous forme diffuse. J'ai montré antérieurement ([2]) que cette substitution du sucre à la lumière se traduit en particulier par la transformation en fleurs normales, ouvertes, des fleurs cléistogames qui apparaissent seules en présence d'un milieu purement minéral, à la lumière diffuse.

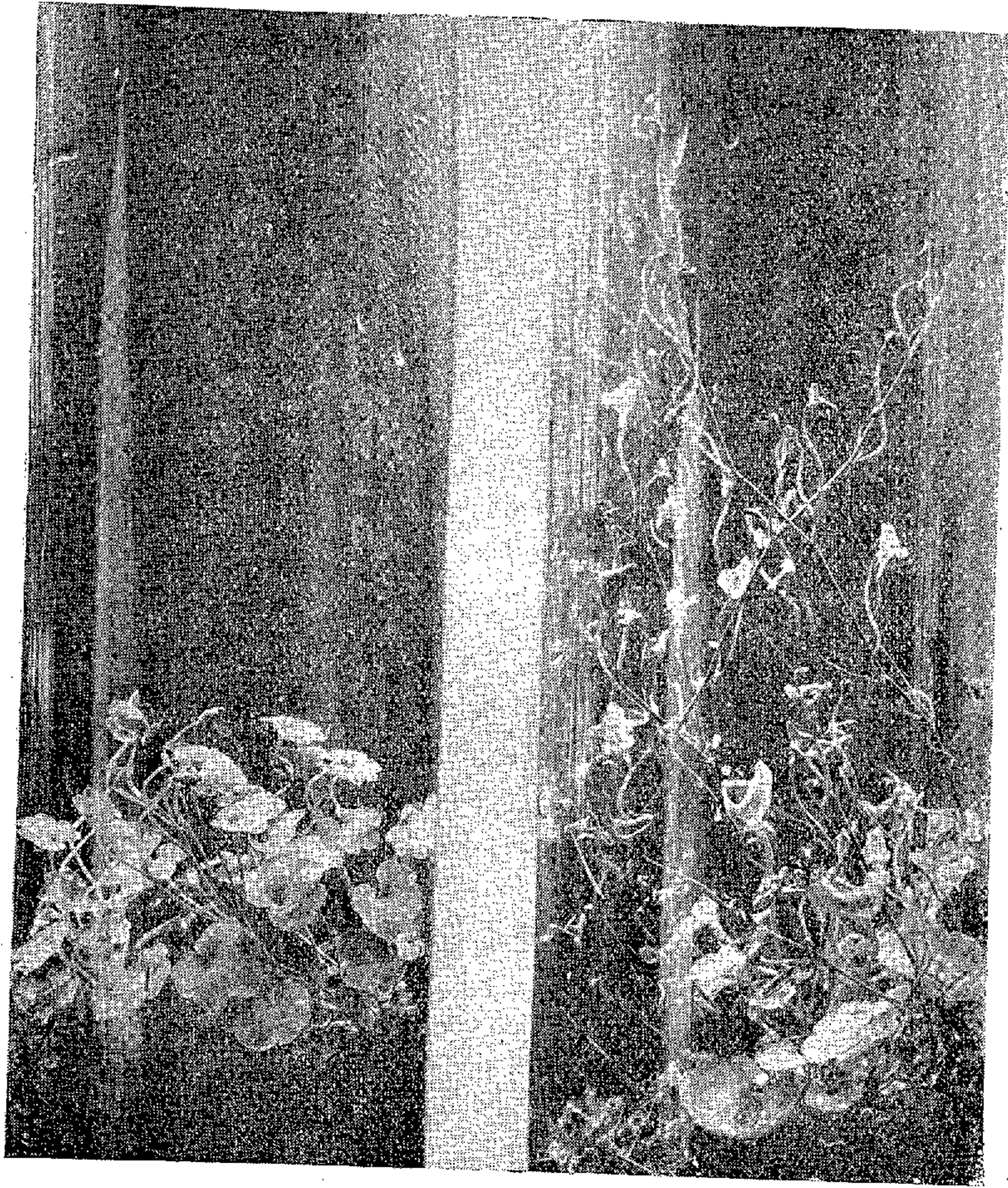
Les fleurs du Mouron fournissent en cultures aseptiques, de façon très régulière, de nombreuses graines; celles-ci sont susceptibles de tomber sur le milieu de culture; souvent aussi les capsules adhèrent aux gouttelettes d'eau qui se forment sur les parois des tubes ou à la plante elle-même, et les graines ne tardent pas à germer; on obtient ainsi, au cours d'une année de culture, une sorte de prairie compacte constituée par une première et quelquefois une seconde génération dérivant de la graine initiale; il est clair que rien n'est plus facile que de récolter les graines produites et de les cultiver d'une façon indépendante sur de nouveaux milieux définis.

Une seconde espèce de Phanérogame se prêtant également à ce genre de recherches est la Cymbalaire (*Linaria cymbalaria* L.). Des graines de cette plante ensemencées au début de mars à la surface d'un milieu constitué par du *Sphagnum* et soumises à un éclairement diffus; si le liquide n'est constitué que par des substances minérales les plantules, qui com-

---

([2]) *Comptes rendus*, 151, 1910, p. 990.

mencent à apparaître au bout d'un mois, ne donnent naissance qu'à une tige feuillée; les limbes ont une coloration d'un vert pâle et les choses restent en cet état jusqu'au mois d'octobre; le nombre des feuilles augmente régulièrement et les tiges atteignent une longueur d'environ 15^{cm}, mais la plante reste entièrement stérile. Il en va tout autrement sur le



Milieu minéral. 2,5 pour 100 de saccharose.

milieu minéral additionné de saccharose; la Cymbalaire ne supporte pas des doses de ce sucre aussi considérables que le Radis et le Mouron, mais, par l'addition de 2 à 3 pour 100 de saccharose, on obtient des plantes très différentes de celles que nous venons de signaler; les tiges plus épaisses portent des feuilles d'un vert beaucoup plus foncé, semblables à celles qui se développent dans les conditions naturelles et donnent vers le début de

juin des rameaux florifères; les feuilles de ces rameaux ont un aspect très spécial, leur limbe se trouvant fortement incurvé suivant la face supérieure; des boutons floraux, puis des fleurs, se constituent vers le milieu de juin; c'est à cette date qu'ont été photographiés les deux échantillons représentés, avec une réduction de moitié, par la figure ci-dessus (à gauche une plante développée en milieu minéral, à droite une plante correspondant au même milieu additionné de 2,5 pour 100 de saccharose).

L'addition de sucre détermine donc ici, comme pour le Mouron, la formation des fleurs et, comme dans le cas précédent, ces fleurs sont très régulièrement fécondées; au bout de peu de temps apparaissent autant de capsules contenant des graines normalement constituées.

Je me contenterai d'ajouter que d'autres espèces présentent également la possibilité de produire des graines dans les mêmes conditions de culture et de pouvoir ainsi se prêter à des recherches systématiques touchant le problème de l'hérédité des caractères acquis dans des conditions dont on reste le maître; c'est en particulier le cas du *Saxifraga tridactylites* et du *Draba verna*.

AGRONOMIE. — *La composition* NPK *des feuilles d'un rameau de vigne aramon diffère-t-elle selon que ce rameau est plus ou moins fructifère?* Note de MM. **Henri Lagatu** et **Louis Maume**.

Nous nous sommes intéressés à la question de savoir si un rameau de vigne morphologiquement destiné, dès le début de sa croissance, à porter des fruits, possédait aussi des caractères d'alimentation NPK distincts de ceux d'un rameau moins fructifère ou stérile. Une précédente étude expérimentale (1) nous avait fourni sur ce point des résultats incomplets. Nous avons fait en 1933 l'analyse périodique (4 mai, 6 juin, 3 juillet, 27 juillet, 4 septembre) de l'ensemble des deux feuilles à la base de *rameaux portant respectivement 2 grappes*, 1 *grappe*, 0 *grappe;* en raison de l'ampleur des grappes de l'aramon, cette gradation est notable. L'expérience a porté sur 2 emplacements et 18 parcelles différemment fumées depuis cinq ans.

Nous donnons dans le graphique, à gauche, les résultats détaillés obtenus sur la première parcelle A, à titre d'exemple. L'*alimentation globale* NPK (somme des teneurs en N, P^2O^5, K^2O pour 100 de matière sèche des feuilles) est représentée par

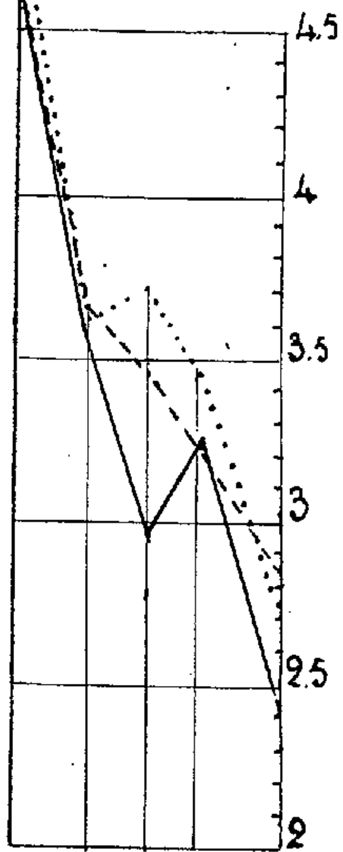
(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1445.

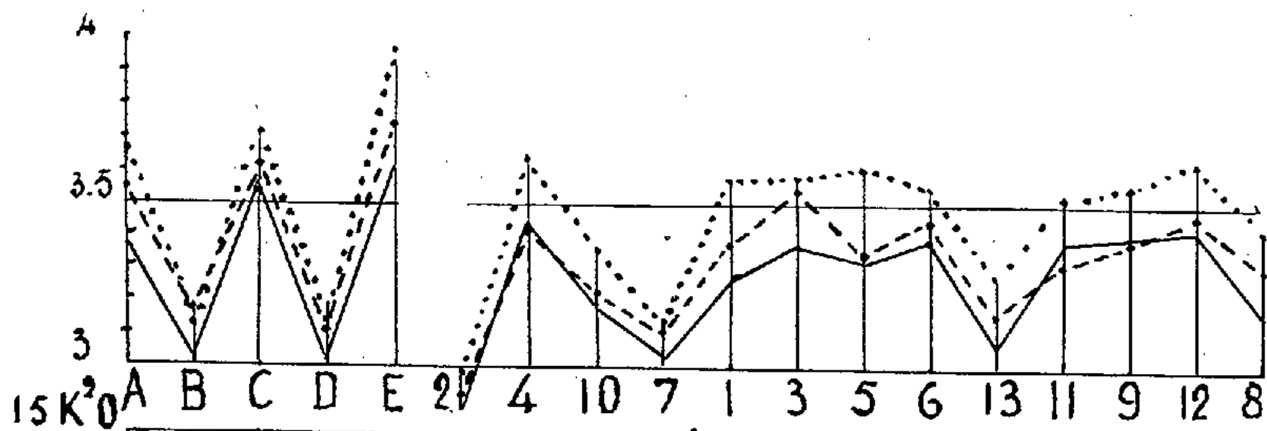
MOYENNES DES DIAGNOSTICS FOLIAIRES ANNUELS

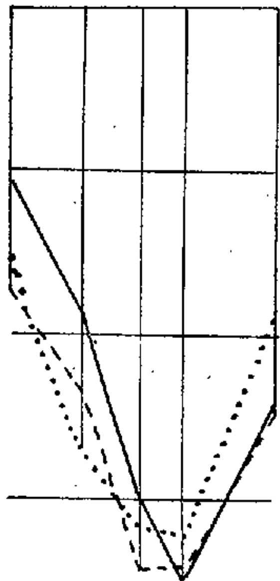
Aramon/Rup[s] Mauguio 1933

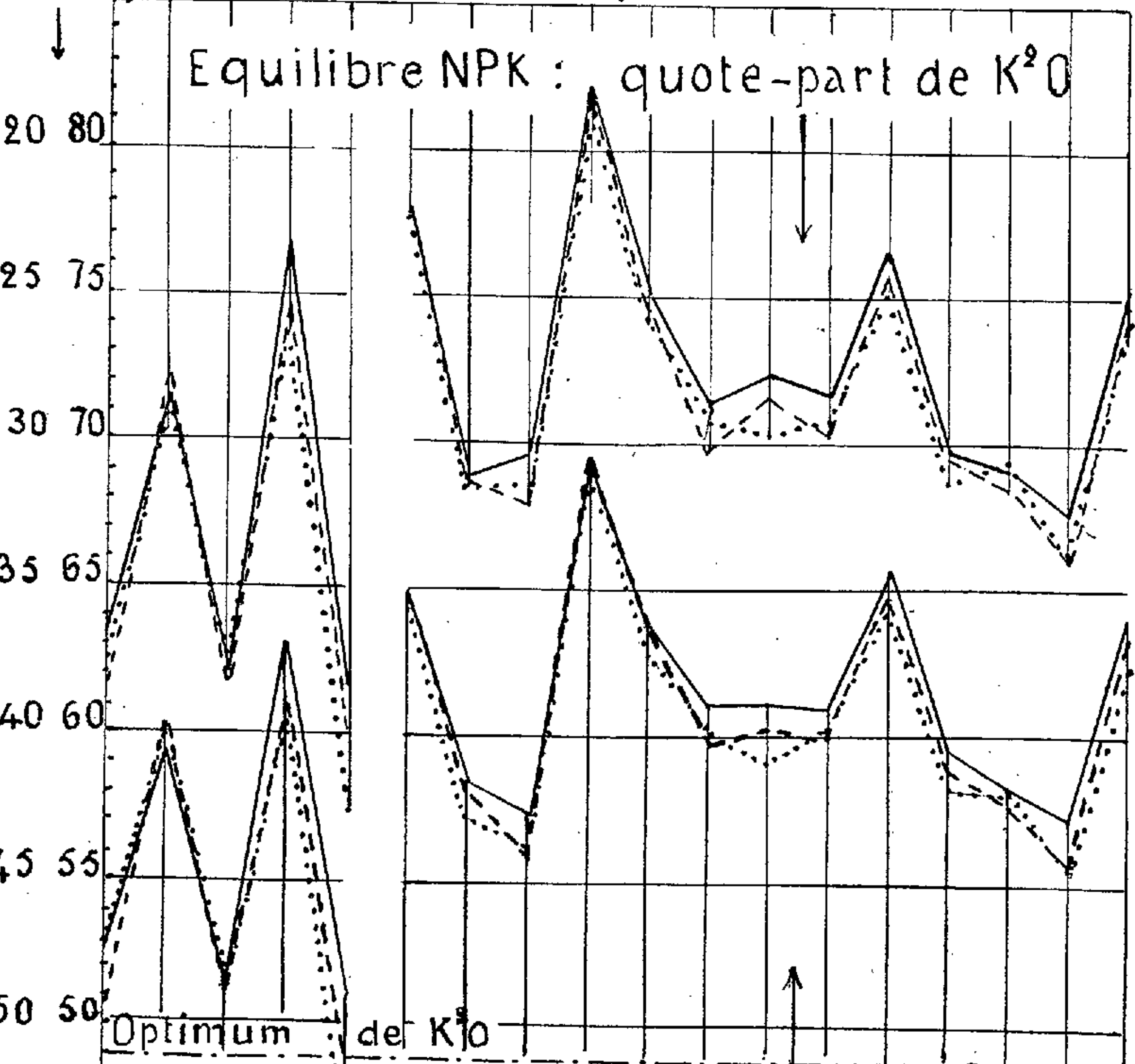
Rameaux à {2, 1, 0} grappes

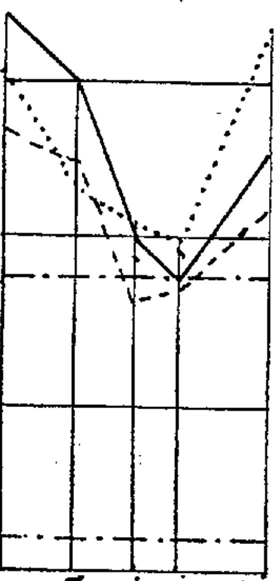
Alimentation globale NPK

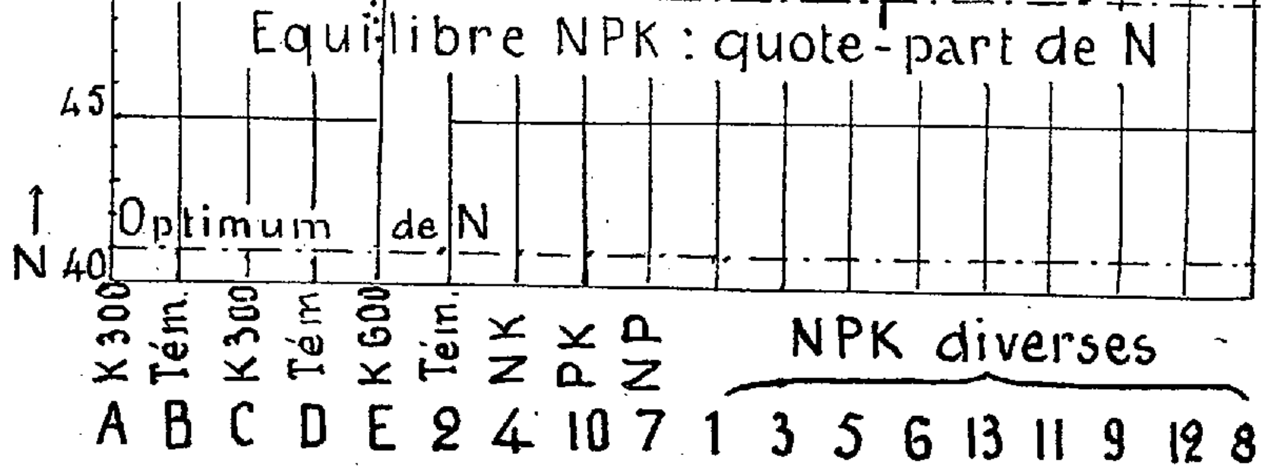












les trois diagrammes supérieurs en prenant les temps comme abscisses. Pour représenter l'*équilibre* NPK (quotes-parts respectives de N, P^2O^5 et K^2O, quand on a ramené à 100 la somme des teneurs en ces trois principes minéraux), nous avons pris une échelle verticale de 100 divisions et compté l'azote de bas en haut, la potasse de haut en bas; l'intervalle entre ces deux ordonnées de sens inverse représente l'acide phosphorique. La figure ne porte que la partie utilisée de cette échelle verticale. Les graphiques ainsi détaillés des 18 parcelles, et les résultats numériques des analyses, paraîtront dans un autre Recueil.

Cela posé, si l'on calcule la moyenne annuelle 1933 de chaque diagramme, on obtient pour chaque parcelle sur la même verticale trois points pour l'alimentation globale NPK et six points pour l'équilibre NPK. En reliant par des traits distincts les points de chaque sorte de rameaux dans les différentes parcelles, on obtient le graphique principal de la figure.

Les *résultats d'ordre agronomique* dominent ce tableau expérimental. On peut, sans faire intervenir le rendement, les juger par référence à l'optimum alimentaire. L'optimum d'équilibre est $K/P^2O^5/K^2O = 41/8/51$ (²), ce qui donne dans le graphique les deux traits horizontaux d'ordonnées 41 (de bas en haut) pour l'azote, 51 (de haut en bas) pour la potasse, l'intervalle correspondant à 8 pour l'acide phosphorique. On voit que les équilibres NPK réalisés s'éloignent tous de cet équilibre optimum par excès relatif d'azote et carence relative de potasse ; l'acide phosphorique, qui n'a ici guère varié sous l'influence des engrais, reste partout suffisant pour l'équilibre. *L'action des engrais potassiques sur l'équilibre* NPK *est le phénomène massif de l'expérience : ces engrais déplacent l'équilibre vers l'optimum, alors que l'engrais* NP (*sans potasse*) *l'en éloigne plus encore que le témoin.* Le cas peu efficace de la fumure NPK n° 13 s'explique parce qu'elle est la seule fumure NPK donnée en 1933 pour la première fois, les autres étant données depuis cinq ans : on voit par là l'importance des fumures accumulées. Quant à l'*alimentation globale* NPK, elle montre partout une notable insuffisance : l'optimum observé correspond à la moyenne 6.9 ; ici les moyennes n'atteignent pas 4.

Résultats d'ordre physiologique. — Il est remarquable que, régulièrement, chaque ressaut (vers le bas) de la quote-part de la potasse est corrélatif d'un ressaut (vers le haut) de l'alimentation globale NPK, signalant ainsi que chaque amélioration de l'équilibre NPK déclenche une augmentation de l'alimentation globale. Ces variations concordantes ont affecté simultanément les trois sortes de rameaux diversement fructifères.

(²) *C. R. Acad. Agric.*, **22**, 1936, p. 263.

Néanmoins il y a eu, entre ces trois sortes de rameaux, des différences systématiques :

1° *D'une manière générale, la quote-part de la potasse dans l'équilibre de la feuille a* augmenté *dans l'ordre suivant : rameaux à 2 grappes,* 1 *grappe,* 0 *grappe. La quote-part de l'azote a* diminué *dans le même ordre.*

2° *L'alimentation globale* NPK, *en gradation encore plus nette, a augmenté selon le même ordre : 2 grappes,* 1 *grappe,* 0 *grappe.*

3° *Ces différences ont été régulièrement plus accentuées quand la vigne a été plus nourrie.*

Tout s'est passé comme si, chaque rameau d'une même souche ayant reçu des racines la même alimentation minérale, les feuilles des rameaux à fruits avaient été un peu plus épuisées. On pouvait se demander si une entr'aide alimentaire des différents rameaux d'une même souche n'assurait pas chez toutes les feuilles de même rang la même composition minérale et, par conséquent, un ravitaillement NPK en rapport avec leur tâche nourricière. On voit qu'il n'en a rien été : alors qu'il y avait carence de potasse pour toute la plante, carence particulièrement pénible pour les rameaux fructifères, les rameaux stériles (gourmands) ont constamment bénéficié d'une alimentation potassique relative (à l'azote et à l'acide phosphorique) et absolue (pour 100 de matière sèche) un peu plus élevée que celle des rameaux fructifères.

Autre conclusion : les feuilles de même rang prélevées pour comparaisons alimentaires par le diagnostic foliaire doivent, en bonne règle, appartenir à des rameaux de même production, sans que toutefois les échantillons enfreignant cette règle soient inutilisables.

M. **A. Gosset** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'un volume de 460 pages consacré à la Vie et à l'Œuvre du grand chirurgien Félix Terrier.

J'ai considéré comme un devoir de faire mieux connaître la Vie et l'Œuvre de Félix Terrier qui fut un grand novateur et permit, en substituant à l'antisepsie la méthode aseptique, tout le magnifique développement de la chirurgie moderne. J'ai en outre demandé à la plupart de ses élèves, aujourd'hui des maîtres, de rédiger leurs souvenirs sur le temps passé près de Félix Terrier. Il en est résulté un volume d'un intérêt tout particulier.

J'ajoute qu'il contient une admirable Préface de notre Confrère Georges Duhamel.

CORRESPONDANCE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

ÉTIENNE RABAUD. *Notes et Mémoires réédités par un groupe d'élèves et d'amis à l'occasion de son jubilé scientifique* (présenté par M. M. Molliard).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les polynomes orthogonaux généralisés.* Note [1] de M. **J. SHOHAT (JACQUES CHOKHATE)**, transmise par M. Henri Villat.

Considérons une suite infinie de polynomes $\{\Phi_n(x) = x^n + \ldots\}$, à coefficients réels, *sans lacunes, c'est-à-dire, de tous les degrés n* $= 0, 1, 2, \ldots$. Pour qu'il existe une (au moins) fonction $\psi(x)$, bornée et non croissante dans $(-\infty, \infty)$, telle que

$$(1)\qquad \int_{-\infty}^{\infty} \Phi_m(x)\Phi_n(x)\,d\psi(x) = 0 \qquad (m \neq n;\ m, n = 0, 1, \ldots),$$

il faut et il suffit, comme on le sait, que

$$(2)\quad \Phi_n(x) = (x - c_n)\Phi_{n-1}(x) - \lambda_n\Phi_{n-2}(x) \qquad (\Phi_0 = 1,\ \Phi_1 = x - c_1;\ c_n, \lambda_n = \text{const.}),$$

avec tous les $\lambda_n > 0$.

Qu'arrive-t-il si la dernière condition n'est plus satisfaite ?

Définition. — Une suite infinie, sans lacunes, de polynomes $\{\Phi_n(x)\}$ *est dite de* polynomes orthogonaux généralisés, *si les relations* (1) *sont satisfaites, avec* $\psi(x)$ *à variation bornée dans* $(-\infty, \infty)$.

THÉORÈME I. — *Pour que* $\{\Phi_n(x)\}$ *soit une suite de* polynomes orthogonaux généralisés, *il faut et il suffit qu'il existe une relation de récurrence* (2) *avec tous les* $\lambda_n \neq 0$.

On peut remplacer cet énoncé par cet autre, qui lui est équivalent;

THÉORÈME II. — *Pour que* $\{\Phi_n(x)\}$ *soit une suite de polynomes orthogonaux*

---

[1] Séance du 19 septembre 1938.

généralisés, il faut et il suffit que l'on ait

$$(3)\qquad \Phi_n(x)=\frac{1}{\Delta_n}\begin{vmatrix} \alpha_0 & \alpha_1 & \dots & \alpha_n \\ \alpha_1 & \alpha_2 & \dots & \alpha_{n+1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{n-1} & \alpha_n & \dots & \alpha_{2n-1} \\ 1 & x & \dots & x^n \end{vmatrix} \qquad (n=1, 2, \dots),$$

où tous les déterminants

$$(4)\qquad \Delta_n=\begin{vmatrix} \alpha_0 & \alpha_1 & \dots & \alpha_{n-1} \\ \alpha_1 & \alpha_2 & \dots & \alpha_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{n-1} & \alpha_n & \dots & \alpha_{2n-2} \end{vmatrix} \qquad (n=1, 2, \dots)$$

sont différents de zéro.

La démonstration, utilisant les propriétés fondamentales des fractions continues algébriques, est basée sur un théorème intéressant que M. R. P. Boas, Jr., a communiqué récemment au Séminaire Mathématique de l'Université de Pennsylvanie.

Théorème (R. P. Boas, Jr.). — *Quelle que soit la suite infinie réelle* $\{\alpha_n\}$, $n=0, 1, 2\dots$, *assujettie à la seule condition que tous les déterminants* (4) *soient différents de zéro, il existe toujours une infinité de fonctions* $\psi(x)$, *à variation bornée dans* $(-\infty, \infty)$, *pour lesquelles*

$$\int_{-\infty}^{\infty} x^n d\psi(x)=\alpha_n \qquad (n=0, 1, 2, \dots).$$

Ce sont précisément ces $\psi(x)$ qui figurent dans les relations d'orthogonalité (1). D'ailleurs, on voit que $\lambda_n > 0$ (équivalent à $\Delta_n > 0$, $n=1, 2, \dots$) est la condition nécessaire et suffisante pour que, parmi les fonctions $\psi(x)$ ci-dessus, il en existe une (au moins) non croissante dans $(-\infty, \infty)$.

On rencontre les polynomes orthogonaux généralisés dans plusieurs questions d'Analyse. Citons les quadratures mécaniques où certaines abscisses sont données en avant, *à l'intérieur de l'intervalle en question;* le problème de moments de Stieltjes-Hamburger. Dans ce dernier problème, on peut utiliser la fonction $\int_{-\infty}^{x} x\,d\psi(x)$, $\psi(x)$ bornée et non croissante dans $(-\infty, \infty)$ [2].

---

[2] Shohat, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 474-475.

Ajoutons que les trois premiers polynomes dont les racines sont les abscisses de la formule de quadratures mécaniques de Tchebychef (*Œuvres*, éd. russe, 2, p. 165-180) admettent la représentation (3) avec $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3 > 0$.

Remarque. — C'est M. H. L. Krall (*Penn State College*) qui a considéré pour la première fois les polynomes (3) sous la condition $\Delta_n \neq 0$ (dans une communication adressée à l'auteur). D'ailleurs son point de vue est tout à fait différent de celui de cette Note, il est en relation avec les équations différentielles linéaires admettant des solutions polynomiales.

FONCTIONS ANALYTIQUES DE PLUSIEURS VARIABLES. — *Sur le premier problème de Cousin.* Note de M. **Henri Cartan**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit D un domaine de l'espace de n variables complexes $z_1, \ldots, z_n$. Une distribution de Cousin de première espèce consiste dans la donnée d'un recouvrement de D avec des ensembles ouverts D_α (en nombre fini ou infini), et, dans chaque D_α, d'une fonction f_α *méromorphe*, de manière que, dans chaque intersection $D_\alpha \cap D_\beta$ non vide, la différence $f_\alpha - f_\beta$ soit *holomorphe*. Le premier problème de Cousin consiste alors à trouver une fonction f *méromorphe* dans D et telle que, dans chaque D_α, différence $f - f_\alpha$ soit *holomorphe*.

On dit que le premier théorème de Cousin est vrai pour un domaine D si, quelle que soit la distribution de Cousin de première espèce donnée dans D, le premier problème de Cousin admet au moins une solution.

On sait ([1]), dans le cas de *deux* variables, que le premier théorème de Cousin ne peut être vrai que pour un « domaine d'holomorphie » ([2]). On n'est pas parvenu à étendre ce résultat au cas de plus de deux variables. Je me propose de montrer ici qu'il cesse effectivement d'être exact pour *trois* variables. Il suffira pour cela de démontrer le théorème :

Théorème. — *Le premier théorème de Cousin est vrai pour le domaine* Δ *suivant*

$$(\Delta) \qquad |z_1| < 1, \quad |z_2| < 1, \quad |z_3| < 1, \quad |z_1| + |z_2| + |z_3| > 0.$$

([1]) H. Cartan, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1284.

([2]) K. Oka a démontré que le premier théorème de Cousin est effectivement vrai pour tous les domaines d'holomorphie univalents (*Journal of Science of the Hiroshima University*, série A, 7, 1937, p. 115-130).

Ce domaine n'est autre que le *tricylindre*

$$|z_1| < 1, \qquad |z_2| < 1, \qquad |z_3| < 1$$

qu'on a privé de son centre $z_1 = z_2 = z_3 = 0$; on sait que ce n'est pas un domaine d'holomorphie.

Pour montrer que le théorème de Cousin est néanmoins vrai pour Δ, considérons les trois domaines

$$(\Delta_1) \qquad 0 < |z_1| < 1, \qquad |z_2| < 1, \qquad |z_3| < 1,$$
$$(\Delta_2) \qquad |z_1| < 1, \qquad 0 < |z_2| < 1, \qquad |z_3| < 1,$$
$$(\Delta_3) \qquad |z_1| < 1, \qquad |z_2| < 1, \qquad 0 < |z_3| < 1,$$

dont la réunion est Δ. Le premier théorème de Cousin est vrai pour chaque $\Delta_i (i = 1, 2, 3)$, comme cela résulte des travaux de Cousin lui-même. Étant donnée une distribution de Cousin de première espèce dans Δ, on en déduit une distribution dans chaque Δ_i; soit f_i une solution du problème de Cousin correspondant. Les différences $f_i - f_j$ sont holomorphes dans $\Delta_i \cap \Delta_j$. Pour obtenir une f qui soit solution du problème de Cousin relatif à Δ, il suffit de trouver trois fonctions h_i, *holomorphes* respectivement dans Δ_i, et telles que l'on ait, dans $\Delta_i \cap \Delta_j$,

$$f_i - h_i = f_j - h_j;$$

on prendra alors pour f la fonction égale, dans chaque Δ_i, à $f_i - h_i$.

Tout revient donc à prouver l'existence de trois telles fonctions h_1, h_2, h_3, sachant que

$$f_2 - f_3 = g_1 \quad \text{est holomorphe dans} \quad \Delta_2 \cap \Delta_3,$$
$$f_3 - f_1 = g_2 \quad \text{est holomorphe dans} \quad \Delta_3 \cap \Delta_1,$$
$$f_1 - f_2 = g_3 \quad \text{est holomorphe dans} \quad \Delta_1 \cap \Delta_2.$$

Écrivons les développements de Laurent

$$g_1 = \sum_{m,n,p} a_{mnp} z_1^m z_2^n z_3^p, \qquad g_2 = \sum_{m,n,p} b_{mnp} z_1^m z_2^n z_3^p, \qquad g_3 = \sum_{m,n,p} c_{mnp} z_1^m z_2^n z_3^p.$$

On a

$$(1) \qquad a_{mnp} = 0 \;\text{ si }\; m < 0, \qquad b_{mnp} = 0 \;\text{ si }\; n < 0, \qquad c_{mnp} = 0 \;\text{ si }\; p < 0,$$

et

$$(2) \qquad a_{mnp} + b_{mnp} + c_{mnp} = 0,$$

puisque

$$g_1 + g_2 + g_3 = 0 \quad \text{dans} \quad \Delta_1 \cap \Delta_2 \cap \Delta_3.$$

De (1) et (2) on déduit que a_{mnp} *n'est* $\neq 0$ *que si l'un au plus des exposants n et p est négatif;* car si $n < 0$ et $p < 0$, on a $b_{mnp} = c_{mnp} = 0$, donc $a_{mnp} = 0$. On a des propositions analogues pour b_{mnp} et c_{nmp}, et on en déduit, par un partage convenable des termes à exposants négatifs dans g_1, g_2, g_3, que ces fonctions peuvent se mettre sous la forme

$$g_1 = h_2 - h_3, \qquad g_2 = h_3 - h_1, \qquad g_3 = h_1 - h_2,$$

les h_i étant holomorphes respectivement dans Δ_i. On a alors, dans $\Delta_i \cap \Delta_j$,

$$f_i - h_i = f_j - h_j,$$

ce qui achève la démonstration.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les déterminants récurrents et les singularités d'une fonction donnée par son développement de Taylor.* Note [1] de M. **Albert Édrei**, présentée par M. Paul Montel.

Soit

$$\frac{a_0}{z} + \frac{a_1}{z^2} + \ldots + \frac{a_n}{z^{n+1}} + \ldots \tag{1}$$

un élément de fonction analytique, convergent pour $|z| > R$. Posons

$$A_k^{(n)} = \begin{vmatrix} a_k & a_{k+1} & \ldots & a_{k+n-1} \\ a_{k+1} & a_{k+2} & \ldots & a_{k+n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{k+n-1} & a_{k+n} & \ldots & a_{k+2n-2} \end{vmatrix}. \tag{2}$$

I. *Soient* (1) *un élément de fonction uniforme n'ayant que des pôles (en nombre fini ou infini) et s singularités essentielles* $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_s$ *d'ordres finis, égaux respectivement à* $\rho_1, \rho_2, \ldots, \rho_s$. *Sous ces hypothèses*

$$\overline{\lim_{n \to \infty}} \, |A_0^{(n)}|^{\frac{1}{n^2 \log n}} \leq e^{-\frac{1}{\rho_1 + \rho_2 + \ldots + \rho_s}}. \tag{3}$$

Dans le cas d'une seule singularité essentielle, donc dans le cas particulier $s = 1$, ce théorème a déjà été démontré par M. Wilson [2].

---

(1) Séance du 26 septembre 1938.

(2) *Proceedings London Math. Soc.*, 2e série, **39**, 1935, p. 363-371.

II. *Soit* $\sum_{n=1}^{\infty} c_n$ *une série convergente, à termes tous positifs. Posons*

$$f(z, \rho) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{c_n}{z - n^{-\frac{1}{\rho}}}, \qquad f(z, 0) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{c_n}{z - n^{-n}} \qquad (\rho > 0).$$

Soient $\rho_1, \rho_2, \ldots, \rho_s$, s *nombres non négatifs, et soit* (1) *le développement de la fonction*

$$\sum_{j=1}^{s} f(z - 2j;\, \rho_j).$$

Cette fonction ne possède que des pôles et s *singularités essentielles d'affixes* $2, 4, \ldots, 2s$, *d'ordres respectivement égaux à* $\rho_1, \rho_2, \ldots, \rho_s$. *Pour*

$$c_n = \frac{1}{2^n} \qquad (n = 1, 2, 3, \ldots),$$

on a

$$\lim_{n \to \infty} [A_0^{(n)}]^{\frac{1}{n^2 \log n}} = e^{-\frac{1}{\rho_1 + \rho_2 + \ldots + \rho_s}}.$$

Pour

$$c_n = \frac{1}{2^{n^2}} \qquad (n = 1, 2, 3, \ldots),$$

on a

$$\lim_{n \to \infty} [A_0^{(n)}]^{\frac{1}{n^2 \log n}} = 0.$$

Le théorème II montre que, dans le théorème I, le cas d'égalité peut mais ne doit pas être atteint.

III. *Soit* E *un ensemble fermé et borné de points du plan de la variable complexe. Soit* CE *son complémentaire, que nous supposerons connexe. Désignons par* τ *le diamètre transfini de* E, *et par* θ *un nombre réel*, $0 \leq \theta \leq 1$. *Sous ces hypothèses, il existe une série* (1) *représentant une fonction uniforme, holomorphe dans* CE, *admettant exactement* CE *pour domaine d'existence, et telle que*

$$\overline{\lim_{n \to \infty}} \, |A_0^{(n)}|^{\frac{1}{n^2}} = \theta\tau. \tag{4}$$

Que le premier membre de (4) ne puisse surpasser τ, c'est ce qui a été démontré par M. Pólya ([3]). Le théorème III montre que l'inégalité de

([3]) *Math. Annalen*, 99, 1928, p. 687-706.

M. Pólya ne peut pas être améliorée et qu'elle ne peut pas être remplacée par une égalité.

IV. *Il existe des suites* $\alpha_0^{(1)}, \alpha_0^{(2)}, \ldots, \alpha_0^{(n)}, \ldots$ *de nombres tous différents de zéro, jouissant de la propriété suivante : Si par* $\mathcal{E}$, *nous désignons l'ensemble de toutes les séries de la forme* (1) *telles que*

$$A_0^{(n)} = \alpha_0^{(n)} \quad (n = 1, 2, 3, \ldots);$$

il y a dans $\mathcal{E}$: 1° *des séries partout divergentes;* 2° *des éléments de fonctions uniformes ayant un domaine de méromorphie arbitraire;* 3° *des éléments de fonctions ayant une seule singularité essentielle, d'affixe et d'ordre arbitraires.*

Donc la connaissance de la suite $A_0^{(1)}, A_0^{(2)}, A_0^{(3)}, \ldots$ ne permet pas d'affirmations relatives aux singularités de (1) ayant la forme d'égalité. Observons que, si les termes des deux suites $A_0^{(1)}, A_0^{(2)}, A_0^{(3)}, \ldots$ et $A_1^{(1)}, A_1^{(2)}, A_1^{(3)}, \ldots$ sont différents de zéro, leur connaissance détermine univoquement les coefficients $a_0, a_1, a_2, \ldots$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la formation du potentiel complexe de l'écoulement plan d'un liquide dans un domaine multiplement connexe.* Note (¹) de M. **Caïus Jacob**, transmise par M. Henri Villat.

I. Les résultats obtenus antérieurement (²) nous permettent de donner, sous une forme simple, la solution du problème suivant : Trouver le potentiel complexe $f(z) = \varphi + i\psi$ de l'écoulement d'un liquide parfait dans le domaine (Ω) limité, à l'extérieur, par une courbe fermée simple (C_0) et à l'intérieur, par p courbes (C_j), à courbures continues, en présence d'un doublet au point P_0, d'affixe z_{P_0}, ainsi que d'un tourbillon d'intensité Γ au même point; les circulations ω_j autour des contours (C_j), dans le sens qui laisse leur intérieur à gauche, sont données à l'avance.

Soient $G(M, P)$ la fonction de Green du domaine et $H(M, P)$ sa conjuguée harmonique par rapport au point M. Nous partirons des remarques suivantes : *a*. La période de $H(M, P)$, lorsque M décrit un contour fermé simple entourant (C_j) et ne contenant pas le point P à son intérieur, est égale à $2\pi u_j(P)$, où $u_j(M)$ désigne la fonction harmonique régulière dans (Ω) qui est égale à l'unité sur (C_j) et à zéro sur (C_k) $(k \neq j)$.

(¹) Séance du 19 septembre 1938.

(²) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1201.

b. Soit $U_j(M)$ la fonction harmonique régulière dans (Ω), qui est nulle sur (C_0), constante sur chaque (C_k) $(k = 1, 2, \ldots, p)$ et dont la conjuguée $V_j(M)$ admet une période égale à 2π autour de (C_j) et à zéro autour des (C_k) $(k \neq j)$. Cette fonction s'obtient par des combinaisons linéaires des $u_k(M)$. Posons

$$V(M, P) = \sum_1^p u_j(P)\, U_j(M) \qquad \text{et} \qquad g(M, P) = G(M, P) - V(M, P).$$

On a $V(M, P) = V(P, M)$. *c*. La fonction harmonique $U(M)$, régulière dans (Ω), qui prend des valeurs données sur (C_0) et, à des constantes près, des valeurs également données sur les (C_j), dont en outre la conjuguée est uniforme, est donnée par la formule ([3])

$$(1) \qquad U(M) = \frac{1}{2\pi} \int_{(C)} \Phi(Q) \frac{d\, g(M, Q)}{dn_Q}\, ds_Q,$$

en désignant par $\Phi(Q)$ les valeurs données sur le contour total (C).

Le potentiel complexe du mouvement devra se comporter au point $z = z_{P_0}$ comme

$$\frac{\alpha + i\beta}{z - z_{P_0}} + \frac{\Gamma}{2\pi i} \log(z - z_{P_0}) + \text{partie régulière},$$

les constantes réelles α et β définissant le doublet ([4]). La fonction de courant $\psi(M, P_0)$, nulle sur (C_0), devra prendre des valeurs constantes inconnues $\psi_k(P_0)$ sur les (C_k). D'après (1), elle sera donnée par ([5])

$$(2) \qquad \psi(M, P_0) = \left[\beta \frac{\partial g(M, P)}{\partial x_P} - \alpha \frac{\partial g(M, P)}{\partial y_P}\right]_{P_0} + \frac{\Gamma}{2\pi} g(M, P_0) - \frac{1}{2\pi} \sum_1^p \omega_j U_j(M).$$

Le potentiel $\varphi(M, P_0)$ du mouvement s'en déduira aussitôt. La solution est d'ailleurs, à une constante près, unique. Les valeurs $\psi_k(P_0)$ prises par $\psi(M, P_0)$ sur les (C_k) résultent de (2). Inversement, si l'on connaissait les flux $\psi_k(P_0)$ à travers des coupures liant (C_0) aux contours intérieurs (C_k),

---

([3]) M. J. Plemelj a résolu le même problème d'uniformité par la méthode des équations intégrales sans donner toutefois de la solution une forme aussi simple (cf. *Monatshefte für Math. und Physik*, 18, 1907, p. 187).

([4]) Voir par exemple H. Villat, *Mécanique des Fluides*, 2e éd., Paris, 1938, p. 30.

([5]) La formule (2) nous donne, pour $\Gamma = \omega_j = \beta = 0$, sous forme explicite, la fonction que M. Hilbert a introduite dans la théorie de la représentation conforme des aires multiplement connexes.

les circulations ω_j seraient données par

$$(3)\quad \begin{cases} \dfrac{1}{2\pi}\sum_{1}^{p}\psi_k(P_0)\displaystyle\int_{(C_k)}\dfrac{du_j}{dn}\,ds = \left[\alpha\dfrac{\partial u_j}{\partial y} - \beta\dfrac{\partial u_j}{\partial x}\right]_{P_0} - \dfrac{\Gamma}{2\pi}u_j(P_0) - \dfrac{\omega_j}{2\pi} \\ \qquad (j = 1, 2, \ldots, p). \end{cases}$$

II. Supposons maintenant qu'il s'agisse de l'écoulement d'un liquide dans un domaine (Ω'), contenant le point à l'infini à son intérieur et qui soit limité par $p+1$ courbes fermées (C'_j) $(j = 0, 1, 2, \ldots, p)$. La vitesse du courant est donnée à l'infini et de plus le potentiel des vitesses sera assujetti à avoir des circulations données autour des (C'_j).

L'étude de ce cas se ramène immédiatement au précédent en faisant, par exemple, la représentation conforme de l'extérieur de (C'_0) sur l'intérieur d'une courbe (C_0) de façon que le point à l'infini corresponde à un point Z_{P_0} du nouveau plan. L'écoulement initial sera ainsi transformé en un autre, autour de certains contours (C_j) $(j = 1, 2, \ldots, p)$, en présence d'un tourbillon et d'un doublet au point Z_{P_0}.

Des solutions effectives de ce problème ont été données dans le cas des domaines doublement connexes, pour certaines configurations particulières, par MM. H. Villat (6), D. Riabouchinsky (7), M. Lagally (8) et G. Schmitz (9). Plus récemment, M. P. Koebe (10) a donné un théorème d'existence et d'unicité de l'écoulement par un domaine à connexion d'ordre p, sans cependant expliciter la solution.

Nous indiquerons ici les relations, analogues à (3), permettant de calculer les flux $\psi_j - \psi_0$ à travers des coupures liant (C'_0) aux (C'_j). On a

$$(4)\quad \begin{cases} \displaystyle\sum_{j=1}^{p}(\psi_j - \psi_0)\int_{(C'_j)}\dfrac{du_k}{dn}\,ds = \int_{(C')}(u_\infty y - v_\infty x)\dfrac{du_k}{dn}\,ds - \sum_{j=0}^{p}c_k^{(j)}\Gamma_j \\ \qquad (k = 1, 2, \ldots, p), \end{cases}$$

où les Γ_j sont les circulations autour des (C'_j), u_∞ et v_∞ les projections de la vitesse à l'infini sur les axes de coordonnées, ψ_j les valeurs constantes que prend la fonction de courant sur les contours, (C') la frontière totale du domaine. Enfin, on a désigné par $u_k(M)$ $(k = 1, 2, \ldots, p)$, p fonctions harmoniques linéairement distinctes, régulières dans (Ω'), nulles à l'infini et prenant des valeurs constantes $C_k^{(j)}$ sur les contours (C'_j).

---

(6) *Annales de l'École Normale*, 3e série, **38**, 1921, p. 214-227.
(7) *Thèses*, Paris, 1922, p. 111-130.
(8) *Zeitschrift für angew. Math. Mech.*, **9**, 1929, p. 299-305.
(9) *Annalen der Physik*, **23**, 1934-1935, p. 37-66.
(10) *Berichte Verh. Sächs. Akad. Leipzig*, **87**, 1935, p. 287-318.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les tourbillons thermoconvectifs et la condensation de la vapeur d'eau.* Note de M. **Douchan Avsec**, présentée par M. Henri Villat.

J'ai entrepris de nouvelles expériences sur les tourbillons thermoconvectifs, dont les conditions se rapprochent davantage de celles réalisées dans l'atmosphère libre. Au lieu d'opérer dans l'air sec, j'ai eu recours à l'air saturé de vapeur d'eau.

Une cuve plate, en position verticale, est constituée par un cadre métallique, en forme de U, et par deux parois vitrées assez rapprochées (2^{cm}). On verse au fond de la cuve une couche d'eau. Son niveau détermine la hauteur h de la couche d'air supérieure. En fermant hermétiquement le plafond de la cuve, on la pose sur une plaque chauffante.

En quelques instants, des petites taches brumeuses et régulièrement espacées apparaissent sur la moitié supérieure des vitres. Ces îlots, ayant la forme d'ellipses dont les grands axes sont disposés suivant une ligne horizontale, croissent continuellement. Si le chauffage est modéré, les taches atteignent une grandeur limite, qui peut durer pendant des heures. Au contraire, sous un chauffage plus actif, elles s'élargissent à un tel point qu'elles se heurtent les unes les autres. Elles se confondent progressivement en une seule bande opaque.

Voici l'explication de ce phénomène. Dans la couche d'air se forment les tourbillons cellulaires à deux dimensions, dont la description a été donnée dans une de mes Notes précédentes ([1]). Les courants ascendants emportent la vapeur d'eau qui se produit à la surface de la couche d'eau. Les couches d'air supérieures étant plus froides, la vapeur d'eau se condense en gouttelettes fines. Celles qui circulent près des parois s'y accrochent en formant des taches opaques. Grâce au mouvement tourbillonnaire continu, les dépôts en vapeur condensée s'accumulent. Les petites gouttes grossissent et se rassemblent. Dès qu'elles sont suffisamment lourdes, elles glissent vers le bas. La condensation la plus forte se produit aux endroits qui coïncident avec les courants ascendants, où l'humidité de l'air en circulation est maximum. L'air humide se dessèche progressivement au cours de sa circulation. Quand il revient à la surface d'eau, il se recharge de vapeur.

([1]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 549.

Je donne deux photographies caractéristiques, prises pendant une expérience où la hauteur de la couche d'air était de 62^{mm}. La température de l'eau en évaporation était de 35°,7 C., celle sous le plafond 32°,8 C. et la température ambiante 25° C.

La figure 1 représente la formation de trois taches brumeuses. L'îlot au

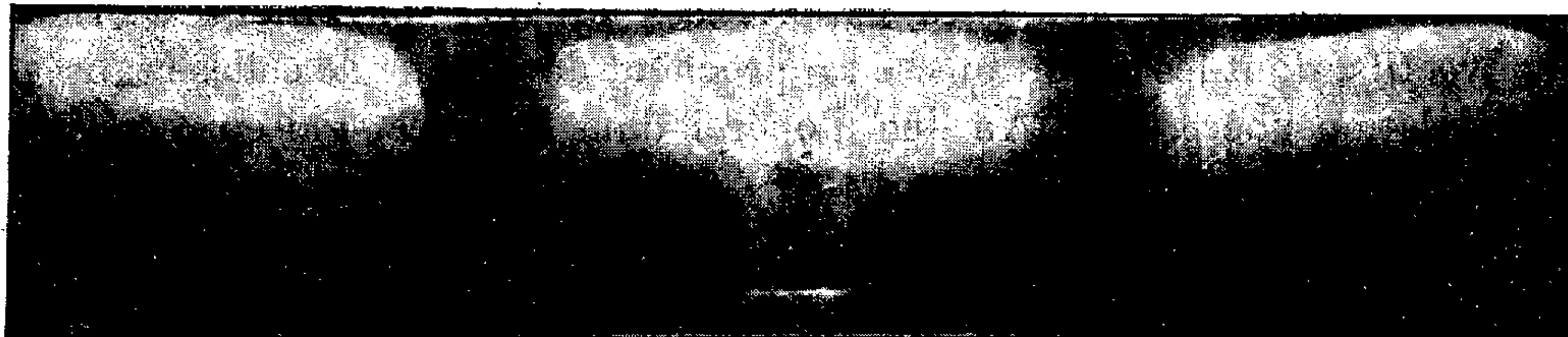


Fig. 1.

centre est prolongé vers le bas par une trace verticale plus transparente, qui indique les courants ascendants.

La figure 2, prise 30 minutes après la première, donne la phase finale

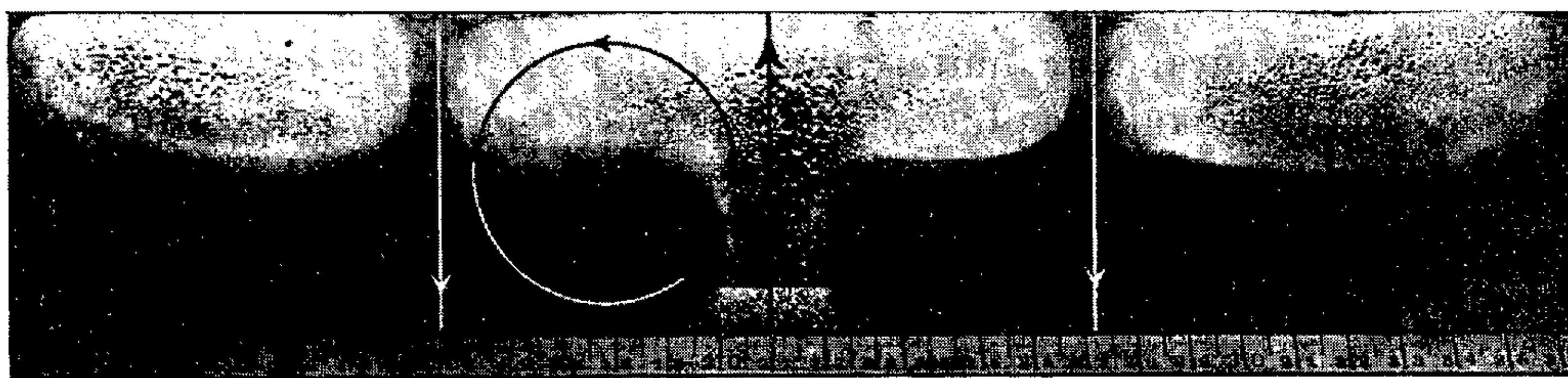


Fig. 2.

où les gouttes d'eau, visibles à l'œil nu, se forment. Elles glissent ensuite vers le fond. J'ai dessiné sur la même photographie les cellules tourbillonnaires en indiquant le sens de circulation.

Les deux cellules au centre sont parfaitement carrées ($\lambda/h = 2$).

Les conclusions qui dérivent de cette expérience éclaircissent quelques faits dans l'étude des nuages cellulaires.

1° On peut expliquer la transformation des nuages compartimentés en une couche nuageuse étendue par le mécanisme des îlots croissants, et inversement.

2° Le processus de l'évaporation et de la condensation de vapeur d'eau est corrélatif du mouvement tourbillonnaire.

3° S'il s'agit des nuages en bandes longitudinales, ils sont le résultat de la condensation de vapeur d'eau entre deux rouleaux tourbillonnaires, tournant en deux sens opposés. Ils sont placés dans les régions où se produisent les courants ascendants; par conséquent, la descente s'effectue dans l'espace compris entre les bandes nuageuses.

4° L'épaisseur de la couche nuageuse n'est pas nécessairement égale à celle occupée par des courants thermoconvectifs. En général, elle est plus petite. Donc, le rapport de la distance de deux bandes voisines et de leur épaisseur dépassera plus ou moins le même rapport appliqué à des rouleaux tourbillonnaires.

5° Les courants ascendants contiennent l'air le plus humide.

OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES. — *Sur le couplage d'un circuit oscillant avec un tube de Geissler.* Note de M. **Théodore V. Ionescu**, présentée par M. Aimé Cotton.

On a déjà montré ([1]) que, si un tube de Geissler se trouve dans l'axe d'une bobine qui fait partie d'un circuit oscillant (résonateur) alimenté par une source de haute fréquence, le courant qui passe dans le circuit oscillant varie en fonction de l'intensité du courant qui passe dans le tube.

Dans la colonne positive où le champ électrique prend toujours de grandes valeurs, l'absorption de l'énergie est due seulement aux électrons libres dont le nombre augmente avec l'intensité du courant de décharge. Elle est forte dans la colonne négative où le champ a de très faibles valeurs, surtout pour les petites intensités du courant de décharge.

Si nous admettons que ces absorptions sont dues aux ions négatifs qui ont une période propre de vibration ([2]) et dont le nombre augmente d'abord avec l'intensité du courant pour diminuer ensuite, on peut arriver à une expression qui permet de suivre la variation du courant qui passe dans le résonateur en fonction de l'intensité du courant passant dans le tube. Il est plus commode pour le calcul d'employer d'abord, à la place de l'intensité du courant, le nombre d'ions positifs.

Appelons C_1, L_1 et R_1 la capacité, la self et la résistance du résonateur

---

([1]) Th. V. Ionescu et Mme Irène Mihul, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1008; V. P. Mihu, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 52.

([2]) Th. V. Ionescu et C. Mihul, *Journal de Physique*, 6, 1935, p. 35.

et L_2, R_2 la self et la résistance de la partie du tube où sont induits les courants par le résonateur. Enfin soient M l'inductance mutuelle entre le tube et le résonateur, E_1 la force électromotrice induite dans le résonateur, I_1 l'intensité dans le résonateur, I_2 celle induite dans le tube et ω la période de la source à haute fréquence et posons

$$L_1\omega - \frac{1}{C_1\omega} = S_1, \qquad L_2\omega = S_2 \qquad \text{et} \qquad j = \sqrt{-1}$$

on a

$$(R_1 + jS_1)I_1 + jM\omega I_2 = E_1, \qquad jM\omega I_1 + (R_2 + jS_2)I_2 = 0;$$

d'où l'on déduit

$$I_1 = \frac{E_1}{\sqrt{\left(R_1 - \frac{M^2\omega^2 R_2}{R_2^2 + S_2^2}\right)^2 + \left(S_1 + \frac{M^2\omega^2 S_2}{R_2^2 + S_2^2}\right)^2}}.$$

On peut remarquer que L_1 a une très grande valeur par rapport à L_2 parce que la section du circuit formée par le gaz ionisé est très grande par rapport au fil employé dans le résonateur; $L_1\omega = S_2$ est petite par rapport à R_2, quoique cette dernière a une très grande section, mais la conductibilité spécifique du gaz ionisé est très petite.

Quelques considérations concernant la résistance sont nécessaires. Dans 1^{cm^3} de la colonne négative, il y a N_e électrons libres, N_n ions négatifs et N_p ions positifs. Tous prennent part à la conduction, mais l'action des ions positifs est négligeable dans le champ magnétique ou électrique de haute fréquence à cause de leur grande masse.

La conductibilité spécifique σ_e due aux électrons est donnée (P. O. Pedersen) par $\sigma_e = N_e e^2/m\nu/\nu^2 + \omega^2$, où ν est la fréquence des chocs des électrons libres contre les molécules du gaz et ω la période du courant induit. La conductibilité spécifique due aux ions négatifs est ([2])

$$\sigma_n = \frac{N_n \frac{e^2}{m}\omega^2 r}{(\omega_n^2 - \omega^2)^2 + r^2\omega^2},$$

où ω_n est la période propre des ions négatifs et r est la résistance de frottement des électrons attachés aux molécules, rapportée à leur masse.

La conductibilité totale $1/R_2$ est égale à $(\sigma_e + \sigma_n)A$, où A est une constante dépendant du diamètre du tube; elle peut être calculée ou mesurée.

Une dernière remarque concernant le nombre d'ions négatifs en fonction du nombre d'ions positifs.

Nous écrivons que, pour un courant constant passant dans le tube, le

nombre d'ions négatifs formés dans l'unité de temps est proportionnel à la pression p du gaz et nombre N_e d'électrons; d'autre part le nombre d'ions négatifs qui disparaissent dans les mêmes conditions est proportionnel au nombre d'ions négatifs N_n et à une fonction de N_p. Nous aurons donc

$$K_n p N_e = K_n p (N_p - N_n) = N_n f(N_p),$$

d'où l'on tire

$$N_n = \frac{K_n p N_p}{K_n p + f(N_p)}.$$

Si l'on prend $f(N_p) = CN_p^\alpha$ où C et $\alpha > i$ sont des constantes, on peut calculer les courbes expérimentales dans bien des cas (³).

En faisant toutes les substitutions, en négligeant S_2 par rapport à R_2 et en observant que S_1 est nul ou très voisin de zéro, puisqu'on travaille toujours à la résonance, on a

$$I_1 = \frac{E_1}{R_1 - M^2 A \omega^2 N_p \frac{e^2}{m} \left\{ \frac{K_n p}{K_n p + f(N_p)} \left[\frac{\omega^2 r}{(\omega_n^2 - \omega^2)^2 + r^2 \omega^2} - \frac{\nu}{\nu^2 + \omega^2} \right] + \frac{\nu}{\nu^2 + \omega^2} \right\}}.$$

Cette formule permet de suivre les résultats de l'expérience.

Dans le cas de la colonne négative on peut observer que pour une certaine valeur de N_p le dénominateur a une très petite valeur, ce qui rend I_1 plus grand qu'en absence du courant de décharge.

Pour les valeurs plus grandes de N_p, N_n peut passer par un maximum et I_1 par un minimum qui est plus accusé lorsque $(\omega_n^2 - \omega^2)$ est nul.

On voit en même temps, en accord avec l'expérience, que, si p croît, ce minimum se déplace vers les grandes valeurs de N_p.

Dans la colonne positive il n'y a pas d'ions négatifs, $f(N_p)$ est donc infini et I_1 décroît à mesure que N_p augmente. On observe rarement de maximum de I_1 parce qu'au moment où le courant de décharge passe N_p, égal à N_e, est plus grand que la valeur qui rend I_1 maximum.

(³) Quelquefois il est nécessaire de prendre pour $f(N_p)$ un polynome du troisième degré; on trouve dans ces conditions pour I_1 deux minima qu'on observe sur certaines courbes données par l'expérience.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la structure complexe de l'émétique ordinaire.* Note de M. **Pierre Duquénois**, présentée par M. Georges Urbain.

J'ai établi (¹) que l'hypothèse de Jungfleisch d'après laquelle les émétiques seraient des esters antimonieux doit être abandonnée. Leur formation à partir de Sb^2O^3 ne suit pas les lois de l'estérification : elle est plus rapide avec les acides glycoliques disubstitués (tertiaires) qu'avec les monosubstitués (secondaires) et surtout qu'avec l'acide glycolique lui-même (primaire).

Auparavant, M. Darmois (²) avait démontré à l'aide de mesures polarimétriques que la formation des émétiques est instantanée si l'on remplace Sb^2O^3 par un sel soluble d'antimoine. Ces observations permettaient d'envisager les émétiques comme des complexes organométalliques.

I. Dans le but d'apporter un argument nouveau en faveur de cette structure de complexe, j'ai étudié le transport des ions d'une solution aqueuse d'émétique ordinaire, sous l'influence d'un champ électrique. En utilisant un tube de Duval (³) à deux branches, et des électrodes de platine, j'ai fait passer le courant dans des solutions d'émétique de concentrations diverses, depuis N/10 jusqu'à la saturation. Les résultats sont comparables à condition de ne pas prolonger la durée de passage du courant. L'expérience montre que l'antimoine se dirige vers la branche anodique, ainsi que le radical tartrique, tandis que l'on peut reconnaître la présence du potassium dans la branche cathodique.

II. Les solutions aqueuses d'émétique employées précédemment ont des pH compris entre 3,8 et 4,5. Si l'on modifie le pH d'une solution d'émétique par addition soit d'alcali, soit d'acide minéral, on constate la décomposition vers pH 5,9 ou 6,0 dans le premier cas, vers pH 2,0 dans le second, avec formation de troubles colloïdaux. C'est ce qui se produit quand on veut tracer la courbe de neutralisation. J'ai essayé la cataphorèse de solutions aqueuses d'émétique ordinaire, c'est-à-dire le transport électrique à des pH différents. J'ai utilisé les mêmes concentrations et un courant de 2 milliampères pendant 40 minutes. Entre pH 2,5 et 7,2 la

(¹) *De quelques complexes antimonieux d'acides-alcools (Émétiques)*, Thèse de Doctorat ès Sciences, Paris, 1935, p. 174.

(²) *Bull. Soc. Chim. Belg.*, 36, 1927, p. 67.

(³) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2175.

cataphorèse permet de se rendre compte du comportement des ions de solutions d'émétique acidulées par ClH ou alcalinisées par OHNa. Le dosage de Sb et de K, l'évaluation de l'acide tartrique dans les branches des divers tubes à cataphorèse montrent l'existence d'un point isoélectrique vers pH 3,8 et peut-être d'un second point isoélectrique à pH $< 1,4$ qui n'a pu être mis en évidence sur les courbes de neutralisation. Il existe en outre un point neutre de seconde espèce vers pH 1,7.

Donc entre pH 3,8 et 7,2 l'antimoine est dans un anion avec l'acide tartrique. Au-dessous de pH 3,7 l'antimoine se comporte comme cation.

Conclusion. — La solution aqueuse d'émétique, observée dans l'échelle des pH, apparaît comme une solution ampholyte; l'émétique en dissolution dans l'eau distillée neutre offre un pH très voisin du point isoélectrique, à pH 3,8 (stabilité maximum). De telles solutions renferment un complexe ordinaire de Werner, même lorsqu'on les neutralise progressivement par un alcali, c'est-à-dire entre pH 3,8 et 7,2. L'antimoine s'y trouve à l'état d'anion antimoniotartrique.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la préparation des phosphures de fer par électrolyse ignée.* Note de M. **Marcel Chêne**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons signalé [1] que la méthode de préparation des composés binaires due à J. L. Andrieux nous a donné plusieurs phosphures de fer. Je me suis proposé de rechercher dans quelles conditions on peut obtenir, par cette méthode, les quatre phosphures P^2Fe, PFe, PFe^2, PFe^3 considérés actuellement comme des composés définis.

En faisant varier la température et surtout la composition des bains fondus, j'ai pu préparer, sous forme cristallisée, non seulement ces quatre corps, mais aussi des produits de compositions intermédiaires, qui paraissent homogènes au microscope et sont vraisemblablement des solutions solides. J'indiquerai seulement ici quelques-uns des résultats caractéristiques des nombreuses électrolyses que j'ai effectuées.

Le tableau suivant indique les produits obtenus dans cinq électrolyses du bain de composition moléculaire $NaPO^3 + 1/16\,Fe^2O^3 + 1/2\,NaF$, effectuées à différentes températures. Les conditions des expériences ont

[1] J. L. Andrieux et M. Chêne, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1562.

été précisées dans la Note précédente : creusets de charbon servant de cathode, baguettes de charbon comme anodes, tensions voisines de 5 volts, intensités 15 à 30 ampères. J'ai vérifié, en intervertissant les électrodes, que la variation de la densité de courant, dans les limites précédentes, ne modifie pas les résultats; la tige de charbon, servant alors de cathode, s'entoure d'une boule adhérente qu'il suffit de traiter par l'acide chlorhydrique pour isoler rapidement les cristaux formés.

Températures.....	750°	850°	900°	970°	1050°
Résultats.........	PFe	PFe	PFe	$PFe^{1,1}$	$PFe^{1,35}$

Ces résultats montrent que, pour préparer le phosphure PFe, il faut conduire les électrolyses du bain précédent à des températures inférieures à 970°; ils sont d'ailleurs en accord avec ceux de W. Biltz, W. Franke, K. Meizel et R. Juza, relatifs à la dissociation de ce phosphure (²).

En augmentant la quantité d'oxyde de fer dissoute dans le métaphosphate de sodium, j'ai obtenu des produits plus riches en fer et en particulier le phosphure PFe^2.

Composition des bains.	Temp. moyenne.	Tension.	Intensité.	Durée.	Résultats.
	°	V	A	h	
1. $Na^2O, P^2O^5 + \frac{1}{2}NaF + \frac{1}{8}Fe^2O^3$....	850	5	25	1	PFe
2. $Na^2O, P^2O^5 + \frac{1}{2}NaF + \frac{1}{4}Fe^2O^3$....	850	5	20	1	$PFe^{1,2}$
3. $Na^2O, P^2O^5 + \frac{1}{2}NaF + \frac{1}{2}Fe^2O^3$....	850	5	15	1	PFe^2

Les cristaux obtenus en traitant le contenu du creuset n° 3 par l'acide chlorhydrique concentré résistent aux acides purs mais sont attaqués par l'eau régale; ils ne s'oxydent pas à l'air.

Avec des bains à teneurs en anhydride phosphorique plus faibles que les précédentes, préparés en remplaçant le métaphosphate par le pyrophosphate de sodium, j'ai obtenu les résultats suivants :

Composition des bains.	Temp. moyenne.	Tension.	Intensité.	Durée.	Résultats.
1. $Na^2O, \frac{1}{2}P^2O^5 + \frac{1}{2}NaF + \frac{1}{8}Fe^2O^3$...	850°	5^V	22^A	1^h	$PFe^{1,5}$
2. $Na^2O, \frac{1}{2}P^2O^5 + \frac{1}{2}NaF + \frac{1}{4}Fe^2O^3$...	850°	5^V	15^A	1^h	PFe^3

(²) *Zeitschr. f. anorg. Chem.*, 218, 1934, p. 346.

Les cristaux du phosphure PFe^3 sont séparés par l'acide chlorhydrique étendu; ils sont petits, attaquables par les acides et s'oxydent lentement à l'air.

Pour la préparation de phosphures très riches en phosphore, j'ai utilisé des bains à teneurs élevées en anhydride phosphorique, préparés en ajoutant au métaphosphate de sodium, de l'anhydride phosphorique ou de l'acide métaphosphorique. En employant peu d'oxyde de fer, j'ai pu opérer à des températures plus basses que dans les essais précédents.

	°	V	A	h	
1. $Na^2O, 3P^2O^5 + \frac{1}{2}NaF + \frac{1}{8}Fe^2O^3$........	850	7	15	1	$P^{1,25}Fe$
2. $Na^2O, 2P^2O^5 + \frac{1}{2}NaF + \frac{1}{8}Fe^2O^3$........	850	7	15	1	$P^{1,25}Fe$
3. $Na^2O, P^2O^5 + \frac{1}{20}Fe^2O^3$..............	700	15	10	1	$P^{1,5}Fe$
4. $Na^2O, 2P^2O^5 + \frac{1}{20}Fe^2O^3$..............	550	20	5	1	P^2Fe

Après refroidissement de la masse contenue dans le creuset, les produits sont séparés par action de l'acide chlorhydrique concentré et par lévigation. Le phosphure P^2Fe se présente sous forme de poudre noire formée de petits cristaux; il résiste aux acides, cependant l'eau régale l'attaque lentement. En s'oxydant à l'air, il prend une couleur grisâtre et devient hygroscopique.

En résumé, j'ai montré qu'on peut obtenir, par simple électrolyse de l'oxyde de fer dans les divers phosphates de sodium à l'état fondu, la plupart des composés du fer et du phosphore, dont certains n'ont été préparés que difficilement par les méthodes purement chimiques.

RAYONS COSMIQUES. — *Perte d'énergie du rayonnement cosmique pénétrant dans un écran de* 9^{cm} *d'or.* Note (¹) de M. **Paul Ehrenfest** jr., présentée par M. Jean Perrin.

Les expériences commencées l'année dernière dans le grand électro-aimant de l'Académie des Sciences sur la perte d'énergie des particules cosmiques pénétrantes (²) ont été poursuivies. Cette année-ci la double chambre de Wilson (légèrement modifiée) n'était commandée que par

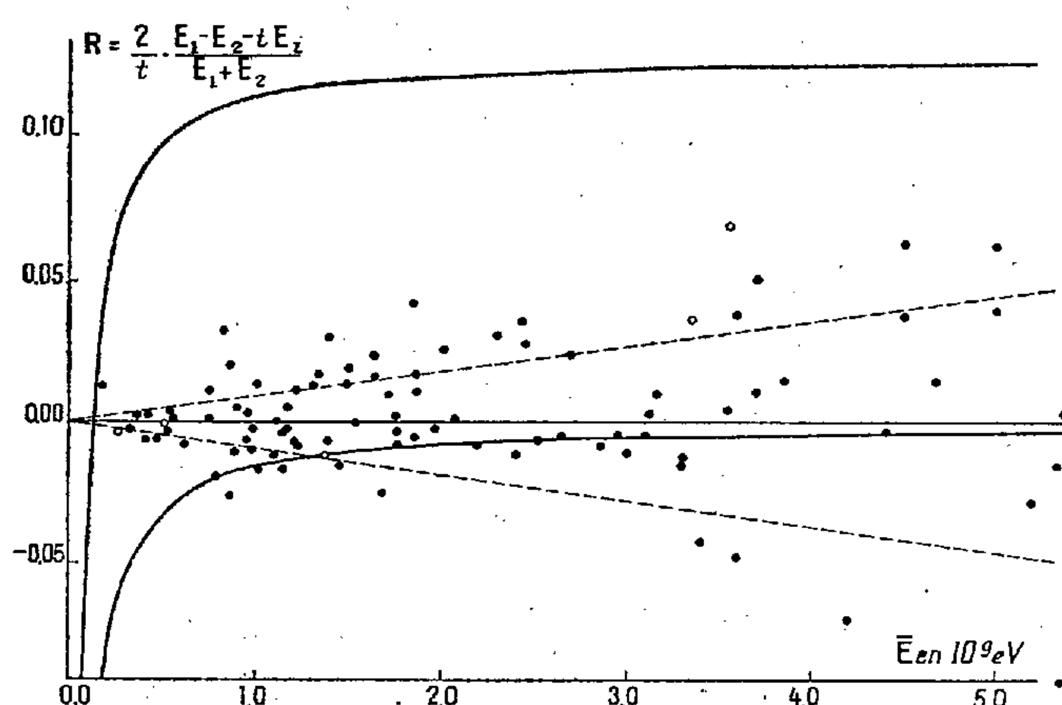
(¹) Séance du 26 septembre 1938.

(²) Paul Ehrenfest jr., *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 428.

deux compteurs en coïncidence placés directement au-dessous et au-dessus de la partie utile de la première chambre. Tous les effets produits par le rayonnement mou incident étaient préalablement arrêtés par un écran de 16^{cm} de plomb (6 tonnes) posé directement sur le bâti de l'électro-aimant. Dans une partie des expériences un morceau d'or de 9^{cm} d'épaisseur était utilisé comme écran d'absorption entre les chambres. L'ensemble, introduit dans l'entrefer du grand électro-aimant de Bellevue, donnait la possibilité de déterminer l'énergie des corpuscules chargées, E_1 avant et E_2 après l'écran, avec une erreur probable d'environ $(10^{10}\,\mathrm{eV})^{-1}$ pour les grandes énergies. *Aucune correction n'a été appliquée sur les courbures mesurées.* Les énergies en eV sont ici calculées par la formule $E = 300\,H\rho$ en gauss-cm. Ces valeurs ne sont pas tout à fait exactes pour les faibles énergies, si les particules en question ont une masse au repos d'environ $200\,m_0$.

La figure donne les valeurs du rapport

$$R = \frac{(E_1 - E_2 - tE_i)}{t\frac{1}{2}(E_1 + E_2)}$$



en fonction de $\bar{E} = 1/2(E_1 + E_2)$, énergie, moyenne pour les trajectoires ayant traversé l'or et étant dans de bonnes conditions de mesure (longueur visible et verticalité de la trajectoire initiale).

t étant l'épaisseur en centimètres de Pb équivalent, de l'écran d'or, $t = 15,5$ dans notre cas, E_i est la perte d'énergie par centimètre Pb équivalent due à l'ionisation, et en supposant que $E_i = 16.10^6\,\mathrm{eV/cm\,Pb}$, donc $E_i t = 250.10^6\,\mathrm{eV}$ pour 9^{cm} d'or, valeur en bon accord avec nos mesures.

Les lignes divergentes en pointillé indiquent les erreurs probables des mesures individuelles correspondant à un pouvoir de résolution de $(10^{10}\,\text{eV})^{-1}$. Les cercles pleins indiquent les valeurs déduites des particules de charge négative; les ronds, des particules positives, en faisant l'hypothèse que les particules sont en mouvement de haut en bas. Cette hypothèse est vérifiée pour $\overline{E} < 0.8.10^9\,\text{eV}$ comme toutes les pertes d'énergie observée sont positives (correspondant à l'ionisation). L'hyperbole inférieure correspond à une perte d'énergie nulle ($E_1 = E_2$). L'hyperbole supérieure au cas limite de l'arrêt total d'une particule dans les 9^{cm} d'or ($E_2 = 0$). Le diagramme n'étant complet que pour les valeurs de $\overline{E} < 2.10^9\,\text{eV}$, aucune conclusion sur le spectre d'énergie ne peut être tirée de ces données partielles.

Le point de plus faible $\overline{E}$ est déduit d'un cliché où l'on voit dans la chambre supérieure une particule d'un $H\rho = 1{,}05.10^6$ gauss-cm et où l'on ne trouve dans la chambre inférieure qu'un électron d'un $H\rho = 0{,}12.10^6$ gauss-cm. L'absence d'autres particules d'un $\overline{E} < 250.10^6\,\text{eV}$ traversant l'or est explicable par la déviation des particules de faible énergie par le champ de fuite, et par la géométrie défavorable impliquée par l'écran épais. Les particules d'un $\overline{E} < 350.10^6\,\text{eV}$ ont un $E_2 < 225.10^6\,\text{eV}$ et montrent des pertes d'énergie normales ($\sim 250.10^6\,\text{eV}$).

Sur un nombre de clichés appréciable on ne trouve un rayon que dans la chambre supérieure. La plupart de ces cas sont dus au fait que l'angle solide défini par les compteurs est plus grand que celui couvert par la deuxième chambre. Quelques cas sont probablement dus aux grandes déviations multiples (pas nécessairement associées avec de grandes pertes d'énergie comme l'on voit sur quelques clichés) et quelques-unes aussi à des électrons secondaires de grande énergie traversant les compteurs mais étant arrêtés par l'or. En tout cas l'absence des pertes d'énergie moyenne ($0{,}07 < R < 0{,}12$) *indique l'existence d'un groupe de particules bien définies ne perdant que peu d'énergie*. Ce groupe doit être identique avec le groupe dur (particules D) décrit par Pierre Auger [3].

En comparant ces résultats avec les mesures de Blackett et Wilson [4] faites avec un écran de 1^{cm} de plomb, on trouve un désaccord explicable seulement en partie par l'introduction de quelques électrons dans leur

(3) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 739, et *J. de Phys.*, 7e série, 6, 1935, p. 226.
(4) *Proc. Roy. Soc.*, A, 160, 1937, p. 304, et A, 166, 1938, p. 482.

moyenne. Une explication qui supposerait de grandes pertes d'énergie très rares pour les rayons durs (avec une transformation d'électrons lourds en électrons, par exemple) ne semble pas compatible avec nos résultats. Pour trouver des pertes d'énergie moyennes $R = 0,15$ dans 1^{cm} Pb, on devrait supposer qu'au moins 15 pour 100 des rayons subissent une catastrophe en donnant un $R = 1,0$ (les auteurs n'observent pas des $R > 1$ pour $\overline{E} > 8.10^8$ eV). Cela devrait donner dans $15^{cm},5$ Pb équivalent, 90 pour 100 de rayons ayant subi une catastrophe et étant donc arrêtés dans cet écran, ce qui est une proportion bien plus grande que celle que nous avons observée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mécanisme de l'influence anormale de la température sur l'oxydation des mélanges d'oxygène ou d'air et d'hydrocarbures.* Note de M. **Marcel Prettre.**

Les résultats résumés dans une précédente Note (1) prouvent que les mélanges d'oxygène et de pentane normal s'oxydent dès 250-260°C., selon un mécanisme en chaînes ramifiées, dont la réaction initiale est homogène et dont les réactions d'interruption comme la réaction de ramification sont hétérogènes. La lenteur d'évolution dans le temps des combustions de ce type a conduit Semenoff (2) à envisager un mécanisme particulier de ramifications dites *dégénérées*. Les chaînes engendrées par la réaction initiale se propagent rapidement sans se ramifier de la manière habituelle, mais en donnant naissance à une substance instable X dotée d'une vie moyenne assez grande. Cette substance peut soit se transformer en produits stables d'oxydation, soit engendrer de nouvelles chaînes, c'est-à-dire ramifier la chaîne qui lui a donné naissance longtemps auparavant. Ces deux modes de transformation de X peuvent être représentés schématiquement par les équations

(1) X → produits stables d'oxydation,

(2) X → ramification des chaînes.

L'influence du diamètre *d* des récipients de combustion (1) sur la vitesse d'oxydation a prouvé que la réaction (2) est hétérogène; elle ne permet pas de décider si la réaction (1) est homogène ou hétérogène.

(1) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 532.

(2) *Z. phys. Chem.* B, 11, 1930, p. 464.

Mais, en admettant l'homogénéité de cette dernière réaction, il est possible de fournir une explication de l'influence anormale de la température sur les phénomènes de combustion spontanée de nombreux mélanges d'oxygène ou d'air et d'hydrocarbures. Divers expérimentateurs ([3]) ont établi que, sauf aux pressions élevées, l'oxydabilité et l'inflammabilité spontanée de ces mélanges croît d'abord avec la température, atteint un maximum vers 300 ou 350°, diminue ensuite pendant quelques dizaines de degrés, pour augmenter à nouveau quand la température s'élève au delà de 400 ou 450°.

Dès 250°C., l'importance de l'oxydation dépend essentiellement de la probabilité de la réaction de ramification (2) qui a donc une énergie d'activation relativement peu élevée. La réaction (1) capable d'empêcher la ramification doit être moins probable, c'est-à-dire avoir une plus grande énergie d'activation, sinon elle ferait obstacle à la ramification. Ceci impose l'homogénéité du processus (1), car s'il était lui aussi hétérogène, son énergie d'activation devrait être inférieure à celle de la réaction (2). En effet celle-ci implique la formation très endothermique de radicaux libres; sur une même paroi, la probabilité de (1) à toute température devrait être supérieure à celle de (2). Au contraire, toute réaction homogène concernant X peut logiquement avoir une énergie d'activation plus élevée que tout processus de surface transformant cette même substance.

Si la réaction (1) a une énergie d'activation supérieure à celle de (2), sa probabilité croît plus rapidement avec la température et, à partir d'une certaine valeur de cette variable, (1) peut devenir plus probable que (2). La ramification se produit alors plus rarement, l'oxydation ralentit quand la température s'élève. La combustion n'est à nouveau accélérée par une augmentation de la température que lorsqu'une autre réaction de ramification se substitue à (2).

Pour obtenir une confirmation expérimentale de ce mécanisme, l'oxydation des mélanges d'oxygène et de pentane normal a été étudiée dans des récipients possédant une très grande surface et un faible volume. Cette augmentation de surface favorise les processus hétérogènes seuls; d'après les conclusions précédentes, la probabilité de la ramification doit seule

([3]) PRETTRE, DUMANOIS et LAFFITTE, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 329 et 414; PRETTRE, *Ann. Comb. liq.*, 6, 1931, p. 533; **7**, 1932, p. 699; **11**, 1936, p. 669; **12**, 1937, p. 411; TOWNEND et collaborateurs, *Proc. Roy. Soc.*, *A*, **143**, 1933, p. 168; **146**, 1934, p. 113; AÏVAZOV et NEUMANN, *Acta Physico-chimica U.R.S.S.*, **4**, 1936, p. 575.

être accrue. Au contraire, si les réactions (1) et (2) étaient toutes deux hétérogènes, l'augmentation de surface ne pourrait modifier le rapport des efficacités de ces deux processus. Dans cette hypothèse, on devrait observer le début du ralentissement de l'oxydation à la même température dans n'importe quel récipient.

Or, dans un récipient à faible surface et grand volume, l'effet anormal de la température s'observe toujours au moins dès 300°C., alors que dans le nouveau récipient il ne commence à se manifester qu'à 330°. Il faut en conclure que l'augmentation de surface augmente la probabilité de (1) et non celle de (2), et que cette action de surface s'oppose dans une certaine mesure à l'effet contraire de la température. La réaction (1) est donc bien homogène et son intervention explique l'influence anormale de la température sur la combustion de nombreux mélanges carburés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cryoscopie dans les solutions salines*. Note de MM. **Eugène Cornec** et **Henri Muller**, présentée par M. Georges Urbain.

Lorsqu'on effectue, sur des solutions aqueuses d'un électrolyte, des déterminations cryoscopiques de précision moyenne, on obtient des abaissements moléculaires (K) dont la variation avec la concentration est représentée par une courbe fortement incurvée. Comme le montre la figure, l'extrapolation à concentration nulle est imprécise et fournit tout juste l'ordre de grandeur de l'abaissement moléculaire à l'origine. Seules des mesures de très haute précision, portant sur quelques corps seulement, ont fait apparaître l'existence de rapports simples entre les abaissements moléculaires à l'origine de divers électrolytes.

L'étude de l'abaissement des points d'eutexie [1] conduit au contraire à des résultats beaucoup plus simples : les courbes sont pratiquement des droites, les abaissements moléculaires à l'origine, obtenus facilement par extrapolation, sont entre eux dans des rapports simples (voir figure ci-contre).

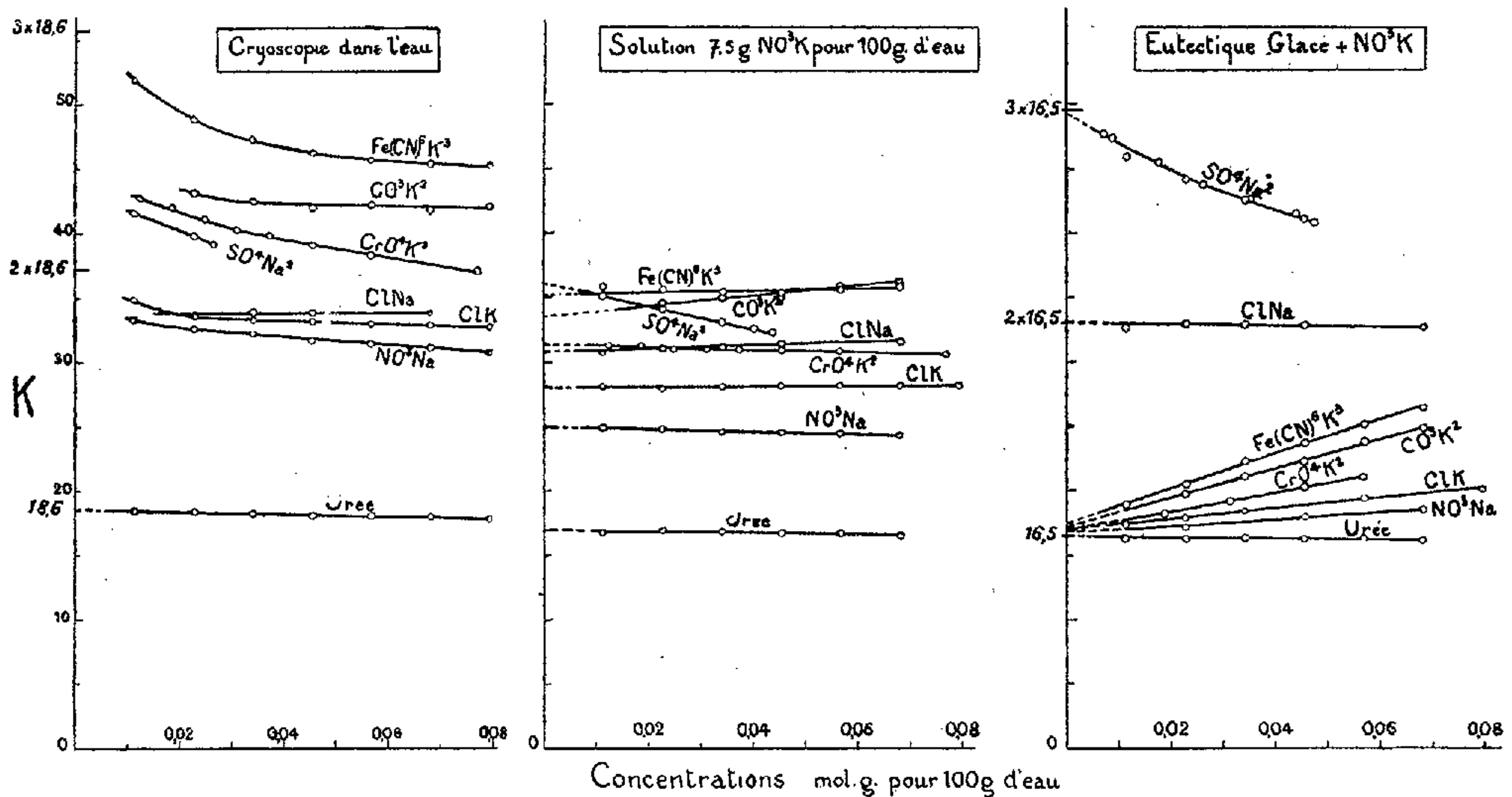
Comme, dans le travail avec un eutectique, les solutions sont toujours saturées d'un sel (nitrate de potassium par exemple), on peut se demander si les résultats de la cryoscopie ordinaire ne seraient pas notablement améliorés par l'emploi, comme solvant, d'une solution saline suffisamment concentrée.

Nous avons utilisé trois solutions de nitrate de potassium contenant respectivement $3^g,75$, $7^g,5$, $9^g,375$ de sel pour 100^g d'eau et nous avons

(1) E. Cornec et H. Muller, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1735; puis H. Muller, *Thèse* (*Ann. de Chimie*, 11e série, 8, 1937, p. 143).

déterminé l'abaissement des points de congélation de chacune de ces solutions par addition de quantités croissantes de : Urée, NO^3Na, ClK, IK, CrO^4K^2, CO^3K^2, $Fe(CN)^6K^3$, ClNa, SO^4Na^2.

Lorsque la concentration en nitrate de potassium augmente, les courbes (abaissements moléculaires-concentrations du corps ajouté) se rapprochent de lignes droites (voir figure). Ceci constitue un net avantage sur



la cryoscopie dans l'eau, car l'extrapolation, plus aisée, permet de déterminer avec précision les abaissements à l'origine. Cependant les nombres ainsi obtenus pour les divers sels sont loin d'être des multiples entiers des valeurs relatives à l'urée. Le tableau suivant groupe ces

Abaissements moléculaires à l'origine par rapport à ceux de l'urée.

Solvant.	Urée.	NO^3Na	ClK	IK.	CrO^4K^2.	CO^3K^2.	$Fe(CN)^6K^3$.	ClNa.	SO^4Na^2.
3,75 NO^3K...	17,5	1,60	1,71	1,73	2,02	2,10	2,28	1,80	2,15
7,50 » ...	17,0	1,47	1,65	1,66	1,84	1,96	2,07	1,81	2,12
9,375 » ...	16,8	1,38	1,58	1,59	1,78	1,94	1,96	1,81	2,07
11,6 » ...	16,5	1,31	1,54	1,56	1,71	1,82	1,81	1,84	2,04
Eutectique.....	**16,5**	**1,03**	**1,04**	**1,03**	**1,03**	**1,04**	**1,06**	**2,00**	**2,98**

abaissements à l'origine, ceux fournis par l'étude de l'abaissement des points d'eutexie et ceux que donnerait la cryoscopie dans une solution de nitrate de potassium ayant la composition de l'eutectique pur (11g,6 de

sel pour 100g d'eau). Certains de ces derniers nombres ont été obtenus par extrapolation de courbes : abaissements moléculaires à l'origine et concentration de nitrate de potassium. On voit que les résultats ne s'améliorent pas en augmentant la concentration des solutions de nitrate de potassium; les seuls résultats simples proviennent du travail avec l'eutectique.

L'apparition de rapports simples dans le cas de l'eutectique se rattache à la variation de solubilité du sel de fond. En ajoutant à l'eutectique pur un sel ayant un ion commun avec le sel de fond, par exemple du chlorure de potassium, une partie du nitrate de potassium de la solution précipite et l'abaissement de la température d'eutexie diminue. Corrélativement l'abaissement moléculaire à l'origine, qui serait de 25,5 si la concentration en nitrate de potassium ne variait pas, est ramené à 17,2. Inversement, par addition d'un sel comme le chlorure de sodium qui n'a pas d'ion commun avec le sel de fond, une partie de ce dernier entre en solution, l'abaissement augmente, l'abaissement moléculaire à l'origine devient double 2.16,5. Cet effet est particulièrement important dans le cas du sulfate de sodium : l'abaissement moléculaire à l'origine, égal à 33,7 dans une solution contenant la même quantité de nitrate de potassium que l'eutectique glace NO^3K, augmente jusqu'à 49,2 par suite de l'augmentation de solubilité du sel de fond.

En résumé, en remplaçant l'eau, comme solvant cryoscopique, par une solution saline, on facilite la détermination de l'abaissement moléculaire à l'origine, mais seule la méthode de l'abaissement des points d'eutexie permet de trouver simplement le nombre d'ions de l'électrolyte étudié.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres d'absorption par réflexion dans l'ultraviolet de quelques composés du molybdène à l'état solide.* Note de Mme **Zina Soubarew-Chatelain**, présentée par M. Georges Urbain.

J'ai étudié, par la méthode des spectres de réflexion et grâce aux indications de MM. Maurice Billy et Alain Berton [1], l'absorption ultraviolette de quelques composés du molybdène à l'état solide. Les bandes d'absorp-

(1) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1631 et 1958.

tion, caractéristiques, observées, m'ont permis de préciser l'existence et la constitution de ces composés.

L'étude des systèmes MoO^3-Li^2O, MoO^3-Na^2O, MoO^3-K^2O (fusion de MoO^3 + carbonate alcalin) a révélé la formation de molybdates normaux du type MoO^4Li^2 et celle de dimolybdates du type $Mo^2O^7Li^2$; les compositions plus riches en anhydride molybdique ne semblent être que des mélanges de MoO^3 et de dimolybdate, ce qu'indiquent aussi les diagrammes de rayons X et les résultats obtenus d'autre part par l'analyse thermique (²). Les molybdates normaux, de cations non absorbants dans l'ultraviolet (de 4000 à 2500 Å), présentent une bande d'absorption continue ultraviolette, caractéristique du groupement MoO^{4--}, et dont la limite, du côté des plus grandes longueurs d'onde, se trouve vers 2800 Å. Les cations absorbants déplacent cette limite vers les petites fréquences. Pour les dimolybdates des cations du premier type, la valeur de cette limite est de 3600 Å environ. M. Copaux (³) était arrivé aussi, par l'étude de l'absorption ultraviolette par transmission de quelques molybdates solides, à conclure à l'existence des radicaux MoO^{4--} et Mo^2O^{7--}.

L'acide blanc $MoO^3.H^2O$ ne présente pas le spectre du radical MoO^{4--}, mais celui de Mo^2O^{7--}(H^2O n'absorbe pas l'ultraviolet). Il faudrait donc écrire ce composé sous la forme $Mo^2O^7H^2.H^2O$. Pourtant, la courbe du taux de déshydratation sous l'action de la chaleur en fonction du temps (⁴) ne présente aucun coude permettant d'admettre la formation de $Mo^2O^7H^2$. Néanmoins, d'après M. Victor Auger, dans certaines conditions, la déshydratation s'arrête à la formation de $Mo^2O^7H^2$.

Remarquons d'autre part que, pour $MoO^3.H^2O$, l'influence hypsochrome de l'eau confirme les résultats obtenus par M. Berton dans son étude comparée de la couleur visible et ultraviolette des oxydes et de celle des hydrates et hydroxydes correspondants. Par contre, il y a exception pour le dihydrate jaune $MoO^3.2H^2O$.

Les résultats que j'ai obtenus sont résumés dans le tableau ci-après :

(²) F. HOERMANN, *Z. anorg. Chem.*, **177**, 1929, p. 156.
(³) *Ann. Chim. Phys.*, 8ᵉ série, **25**, 1912, p. 39.
(⁴) V. AUGER, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 164.

Molybdates normaux.

MoO^4Li^2	2825 Å
MoO^4Na^2	2800
$MoO^4Na^2.2H^2O$	2800
MoO^4K^2	2875
Deuxième bande due à un changement partiel de la structure cristalline	3575
$MoO^4(NH^4)^2$	2800
MoO^4Ba	2900
MoO^4Ca	3080
MoO^4Ag^2	4200
(influence du cation absorbant)	

Dimolybdates.

$Mo^2O^7Li^2$	3600 Å
$Mo^2O^7Na^2$	3500
$Mo^2O^7K^2$	3675

Trimolybdates.

$Mo^3O^{10}(NH^4)^2.H^2O$	3500 Å
$Mo^3O^{10}K^2.3H^2O$	3500

Tétramolybdate.

$Mo^4O^{13}(NH^4)^2.2,5H^2O$	3550
Paramolybdate d'ammonium	3350

Octomolybdate.

$Mo^8O^{25}(NH^4)^2.nH^2O$	3900 Å
MoO^3	4050 Å
$MoO^3.H^2O$	3675
$MoO^3.2H^2O$	absorbe tout l'ultra-violet
$MoO^3.2HCl$	idem
$MoO^3.C^2O^4H^2.nH^2O$	4050

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de solvants non polaires sur les bandes d'absorption infrarouges* (CH). *Application aux molécules* $CH^2X - CH^2X$. Note de M. **Yeou Ta**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. *Influence du solvant sur la position des bandes.* — Au cours de nos recherches sur diverses molécules organiques simples (¹), nous avons étudié le spectre d'absorption dans le proche infrarouge ($0^\mu,8$-$2^\mu,5$) de quelques *solides* dissous soit dans CCl^4, soit dans CS^2. Nous avons constaté que les *bandes d'absorption sont déplacées vers les grandes longueurs d'onde dans ce dernier cas, par rapport au premier.* Ainsi la bande 2ν(CH) de CHI^3 se trouve à 16970 Å dans CCl^4 et à 17030 Å dans CS^2 (solutions saturées). *Le même effet a été retrouvé en diluant un liquide organique dans ces deux solvants non polaires.* Indiquons par exemple que la bande 2ν(CH) de $CHCl^3$ se trouvant à 16920 Å dans le liquide pur, passe à 16940 Å dans CCl^4 et à 16990 Å dans CS^2 (solutions 10 pour 100 en volume). Ainsi que l'ont déjà signalé divers auteurs, CCl^4 modifie en général très peu la position des bandes (CH). Au contraire, l'effet de CS^2 sur ces mêmes bandes est généralement assez grand et le déplacement des bandes a lieu, pour tous les cas observés jusqu'ici, vers les grandes longueurs d'onde.

Le fait observé montre que *le champ moléculaire de* CS^2 (²) *diffère de celui de* CCl^4 *et qu'un couplage est possible entre* CS^2 *et des molécules dissoutes voisines.*

2. *Influence du solvant sur l'intensité des bandes; application aux molécules* $CH^2X - CH^2X$ (³).

Examinons d'abord $CH^2Cl - CH^2Cl$. Quand on dilue cette substance soit dans CS^2, soit dans CCl^4, outre le déplacement des bandes que nous venons de signaler, il y a *de grandes modifications dans les intensités relatives des diverses bandes*, tant pour l'un que pour l'autre solvant (*fig.* 1, enregistrements directs et obtenus à peu près dans les mêmes conditions).

Ce fait met hors de doute l'existence de deux formes, cis et trans, de $CH^2Cl - CH^2Cl$, existence que l'on a déjà admise à la suite de nombreux

(¹) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1371; **207**, 1938, p. 326.

(²) Karl Kohen et C. O. Beckmann, *J. Chem. Phys.*, 6, 1938, p. 163.

(³) Les spectres ont déjà été relevés entre $0^\mu,8$ et $1^\mu,2$ par Cheng et Lecomte (*Journ. de Phys.*, 6, 1935, p. 477); entre $1^\mu,2$ et $2^\mu,5$ par Spence et Easley, (*Phys. Rev.*, **34**, 1929, p. 730).

travaux théoriques (Debye etc.) et expérimentaux [mesures des constantes diélectriques ([4]), spectres Raman et infrarouge plus lointain ([5]) etc.].

Prenons maintenant $CH^2Br - CH^2Br$. *Le changement par dilution dans les intensités relatives des bandes est beaucoup moins marqué.* C'est pourquoi nous avons entrepris une étude quantitative (*fig.* 2) dans la région des premiers harmoniques $2\nu(CH)$.

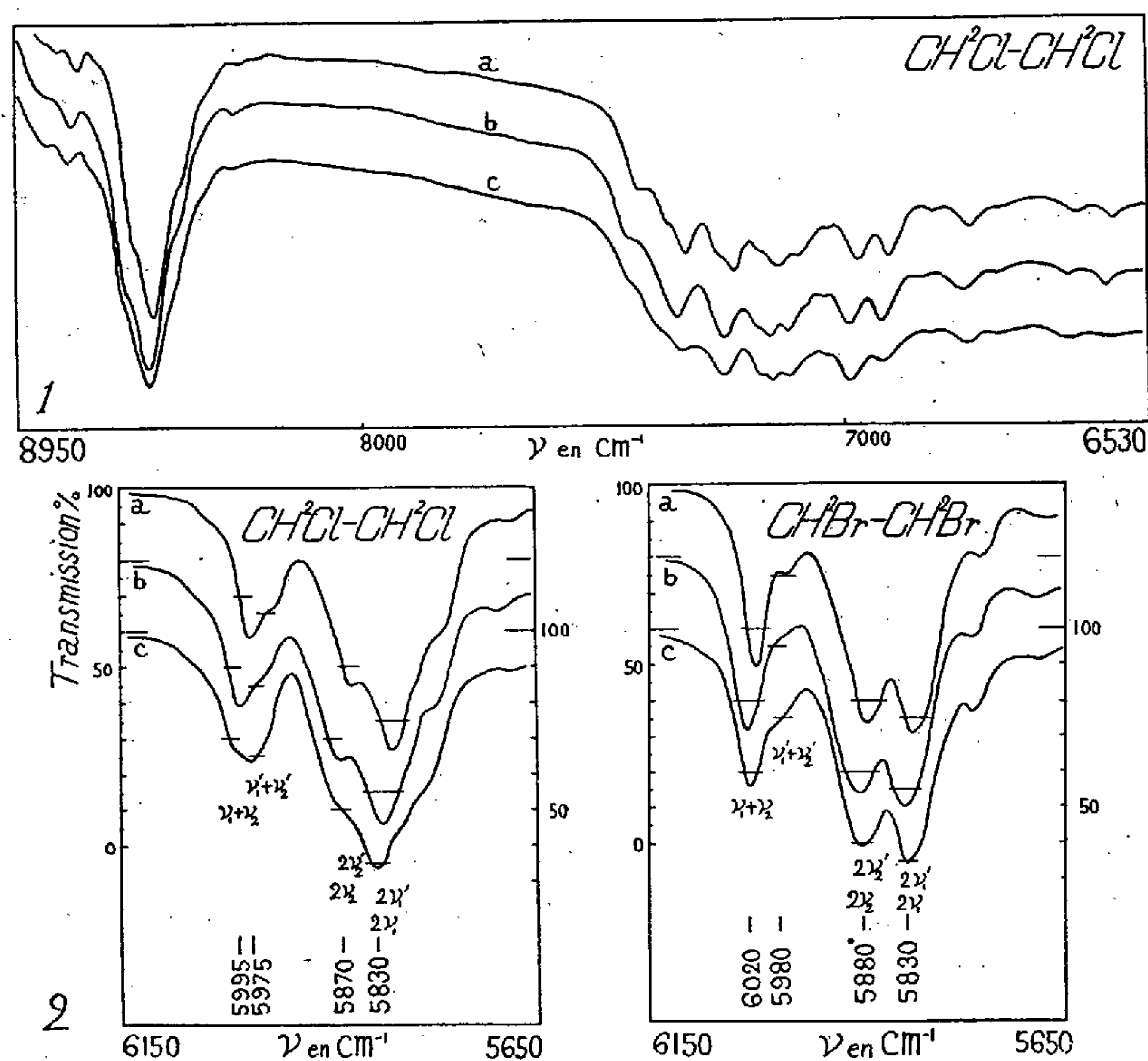


Fig. 1. — Courbe *a*, 10 pour 100 (en volume) dans CS^2, sous 10^{cm}; courbe *b*, 10 pour 100 dans CCl^4, sous 10^{cm}; courbe *c*, liquide pur sous 1^{cm}.

Fig. 2. — Courbe *a*, 10 pour 100 dans CS^2, sous 1^{cm}; courbe *b*, 10 pour 100 dans CCl^4, sous 1^{cm}; courbe *c*, liquide pur, sous 1^{mm}.

Si l'on admettait qu'il y a deux fréquences fondamentales ν_1 et ν_2 pour le groupement (CH^2), on devrait trouver dans la région en question des fréquences telles que $2\nu_1$, $2\nu_2$, $\nu_1 + \nu_2$ pour le *cis*; $2\nu'_1$, $2\nu'_2$, $\nu'_1 + \nu'_2$ pour le

---

([4]) Cf. par exemple STUART, *Molekulstruktur*, Berlin.

([5]) KOHLRAUSCH et YPSILANTI, *Z. Phys. Chem.*, 29, 1935, p. 79; CABANNES, *Journ. de Chim. phys.*, 35, 1938, p. 1; CHENG et LECOMTE, *loc. cit.*

trans. Les fréquences $2\nu_1$, $2\nu_2$ et $2\nu'_1$, $2\nu'_2$ peuvent se superposer partiellement, tandis que $\nu_1+\nu_2$ et $\nu'_1+\nu'_2$ se séparent suffisamment pour pouvoir être distinguées : c'est ainsi que nous avons attribué les bandes de la figure 2.

On remarque ainsi que la bande $\nu_1+\nu_2$ augmente d'intensité quand on dilue; le contraire a lieu pour $\nu'_1+\nu'_2$: ceci est très net pour CH^2Cl-CH^2Cl et le même effet existe également sans aucun doute pour CH^2Br-CH^2Br. Cela semble prouver que l'*équilibre entre les deux formes*, cis *et* trans, *varie beaucoup par dilution pour* CH^2Cl-CH^2Cl *et à un degré moindre pour* CH^2Br-CH^2Br.

D'autre part on voit que l'aspect du spectre de CH^2Cl-CH^2Cl tend, au fur et à mesure de la dilution, à être sensiblement identique à celui de CH^2Br-CH^2Br : cela laisse penser que, *pour l'état du liquide pur et à la température ordinaire*, CH^2Cl-CH^2Cl *est moins riche en forme* cis *que* CH^2Br-CH^2Br.

Remarque. — CH^2Cl-CH^2Br se comporte à peu près comme CH^2Cl-CH^2Cl.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses diéniques à partir du diphénylisobenzofuran : nouvelle synthèse du tétraphénylnaphtacène (ancien rubrène).* Note [1] de MM. **Charles Dufraisse** et **Patrice Compagnon**, présentée par M. Marcel Delépine.

La synthèse diénique nous ayant ouvert une voie d'accès très commode à la série du diphénylnaphtalène[2], nous avons développé ce travail antérieur, en essayant d'accéder de manière semblable aux séries benzologues supérieures (anthracène, naphtacène, pentacène); une récente publication [3] nous incite à faire connaître quelques-uns de nos résultats.

Quand il s'unit à la paire de carbones éthyléniques d'un philodiène quelconque, l'isobenzofuran forme un composé bicyclique, apte à se transformer par perte d'eau en un dérivé naphtalénique, I. Mais, si la paire de carbones philodiéniques fait déjà partie elle-même d'un système mono ou polycyclique, comme il en est dans la benzoquinone, II, la naphtalènequi-

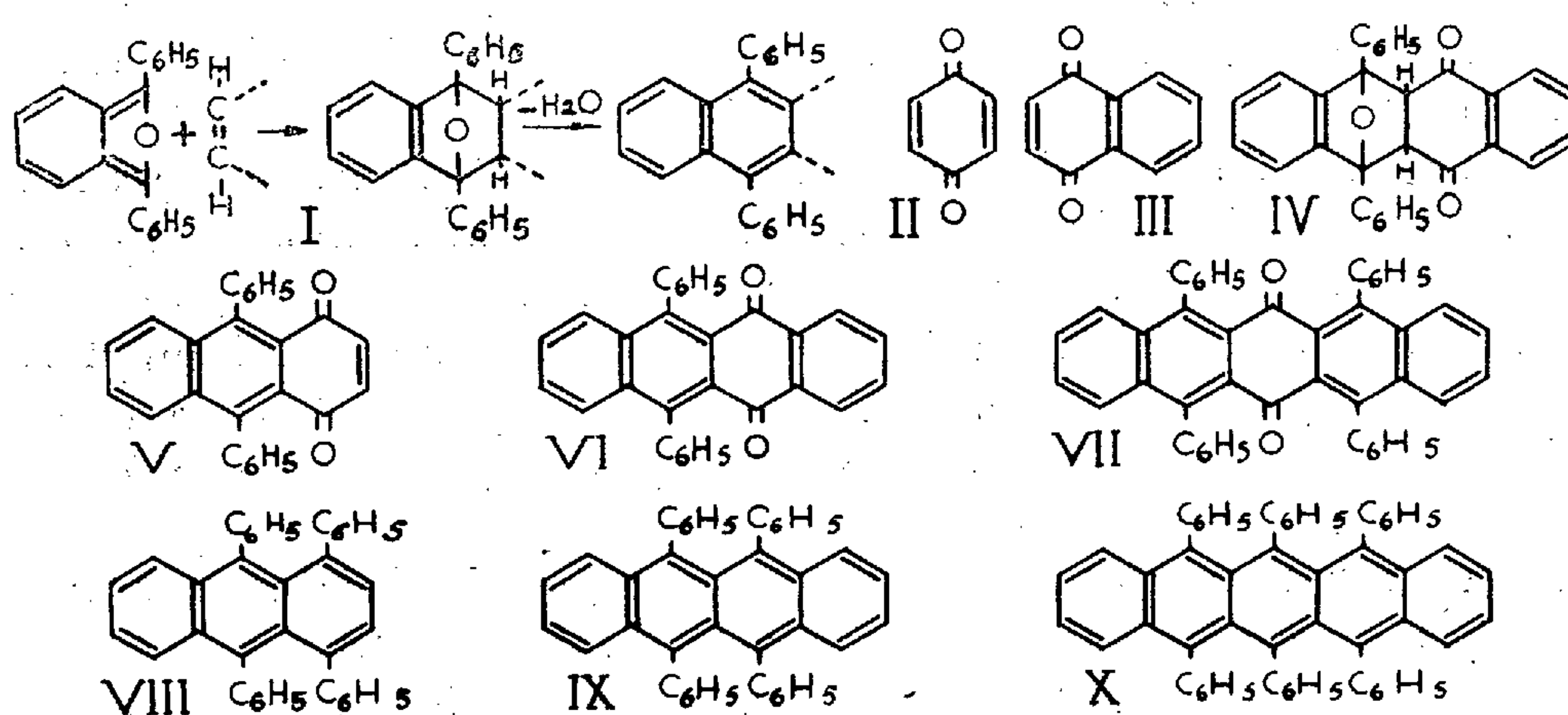
(1) Séance du 26 septembre 1938.
(2) Ch. Dufraisse et R. Priou, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 502.
(3) E. Bergmann, *J. Chem. Soc.*, 1938, p. 1147.

none, III etc., le composé résultant sera l'un des termes de la série des benzologues, V, VI etc.

Le composé V, à son tour, peut fonctionner comme philodiène pour aboutir au dérivé pentacénique, VII.

Pour nos études sur l'union labile de l'oxygène au carbone, les quinones arylées de cette origine, V, VI, VII, ont un intérêt spécial, tant par elles-mêmes que par les acènes arylés qu'elles permettent d'atteindre, par exemple, VIII, IX et X.

Le corps le plus facile à obtenir a été la diphényl-11-12 naphtacène-



antioquinone ([4]), VI, décrite pour la première fois ([5]) à l'occasion d'une synthèse du tétraphénylnaphtacène ou rubrène, IX.

La benzoquinone, II, donne bien le dérivé d'addition diénique, déjà entrevu par de Barry Barnett ([6]), mais nous n'avons pas encore trouvé les conditions favorables à l'enlèvement de l'eau. Peut-être l'addition n'a-t-elle pas lieu par le couple de doubles liaisons conjuguées du cycle furanique, comme dans le schéma I, mais par un autre couple, c'est-à-dire, soit sur le cycle benzénique, soit à cheval sur les deux cycles. Nous poursuivons nos essais.

([4]) Pour cette terminologie voir Ch. Dufraisse et J. Houpillart, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 756.

([5]) Ch. Dufraisse et L. Velluz, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1394, et *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 3, 1936, p. 1905.

([6]) De Barry Barnett, *J. Chem. Soc.*, 1935, p. 1326.

Au contraire le produit d'addition avec la naphtoquinone α, III, est aisément déshydratable, comme vient de l'annoncer Bergmann ([4]). Voici quelques détails sur notre technique qui paraît plus simple et notablement plus avantageuse.

Il est inutile de dissoudre à part les réactifs, ni de chauffer, pour entraîner la combinaison. Il suffit de mouiller d'un peu de chloroforme le mélange des deux poudres (diphénylisobenzofuran et naphtalènequinone) pour produire aussitôt la réaction avec échauffement spontané. On ajoute de l'éther pour favoriser la cristallisation et on lave les cristaux avec le même solvant (rendement total 90 pour 100). La récolte se trouve ainsi améliorée parce que le corps est dissocié à la fois par le chauffage et par la dilution.

Le composé IV, $C_{30}H_{20}O_3$, recristallisé dans l'acétate d'éthyle, est absolument incolore; il fond instantanément, en se dissociant, à 155°-157°.

Pour préparer l'antioquinone, VI, on dissout à froid dans l'acide sulfurique concentré le produit précédent finement broyé. La liqueur prend aussitôt la couleur violette intense des solutions sulfuriques d'antioquinone.

On la verse sur de la glace et l'on épuise le tout au chloroforme. Après purification, on obtient, avec 70 pour 100 de rendement, la diphénylnaphtacène-antioquinone de point de fusion instantanée 283°-284°.

La diphénylantioquinone ($C_{30}H_{18}O_2$, VI), ainsi préparée, correspond exactement à la description que nous en avions donnée antérieurement ([5]). Nous avons tenu cependant à faire une identification plus précise, parce que la nouvelle synthèse du corps ajoute un important argument supplémentaire à ceux qui ont été déjà accumulés pour démontrer la constitution naphtacénique du rubrène (IX). La formation de ce dernier par l'intermédiaire de la quinone (VI), obtenue elle-même à partir de la naphtalènequinone (III), prouve, en effet, que la structure rubrénique comporte l'accolement au moins de deux cycles benzéniques, conclusion qui ne s'imposait pas aussi clairement avec les procédés antérieurs de synthèse, à partir de réactifs uniquement benzéniques.

Notre identification des antioquinones des deux origines a été faite par l'épreuve du mélange, par la comparaison des spectres d'absorption et surtout par le passage effectif au rubrène, $C_{42}H_{28}$, ainsi qu'à l'hydrocarbure désigné anciennement sous le nom de *déhydrorubrène*, $C_{42}H_{26}$.

Signalons, à propos de cette dernière opération, que nous avons eu

avantage à pratiquer la phénylation de la diphénylnaphtacènequinone (VI) en xylène bouillant, au lieu d'éther [cf. ([4])] : on accroît considérablement par là le rendement en corps dihydroxylé, le terme de passage aux hydrocarbures, rubrène (IX) et déhydrorubrène.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur la transformation des matières oléagineuses en mélanges de carbures*. Note de M. **Édouard Legé**.

Les essais précédents ([1]) ont été poursuivis dans des appareils capables de traiter 100 à 150^{kg} de graines par jour. Ils ont non seulement confirmé les résultats déjà indiqués pour le premier temps, mais réalisé une nouvelle amélioration.

Ces essais ont porté sur différentes graines. Neuf opérations ont fourni

Matières traitées.	Goudron (%).	Eau (%).	Coke (%).	Débit à l'heure (en kg).
Arachides décortiquées (*a*)....	63,55	2,20	17,70	5
Fruits de palmiers (*b*)				
Spontanés nº 2............	40	27,4	18,6	5
»	40,6	23,2	22,12	5
Sélectionnés non classés				
Échantillon nº 3....... ...	52,62	18,2	12	5
»	63,62	9,52	12,35	5
Échantillon nº 1............	49,80	21,7	22,2	5
Graines de ricin brutes (*c*)....	47,62	9,8	19,6	5
»	50,29	8,67	18,8	5
»	44,52	7,5	18,7	5

(*a*) Les arachides décortiquées provenaient du Soudan français récolte 1936-1937.
(*b*) Les fruits de palmiers provenaient de la région de Pobé (Dahomey).
(*c*) Les graines de ricin provenaient de la région de Savé (Dahomey).

Les goudrons ont été séparés de l'eau de distillation entre 85° et 95°C. après maintien à cette température entre 30 et 60 minutes. A la sortie de l'appareil de décantation les huiles étaient franches sans traces d'émulsion.

A titre de comparaison, nous rappelons que les rendements en goudrons de pyrogénation, officiellement admis jusqu'à ce jour, sont de ([2]) :

([1]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1264.
([2]) *L'Agronomie Coloniale*, Ministère des Colonies, nos 207 à 209, mars à mai 1935.

	Pour 100.
Arachides décortiquées ([3])	45 environ
Noix de palmes	15,75 à 20,85
Graines de ricin	25,5 34,80

Les caractéristiques des goudrons obtenus sont les suivantes :

Goudrons primaires.	Indices de saponification.	Indices de acides libres.	Insaponifiables.	Densité (°C.).	
Arachides décortiquées	129	196,5	26,5	0,945 à	18°,5
Fruits de palmiers	179,5	108	–	0,915	29,5
Graines de ricin	112	58	–	0,951	27,5

Analyse élémentaire.

Goudrons primaires.	C.	H.	O.	S.	Az.
Arachides décortiquées	76	10,8	9,2	0,1	4
Fruits de palmiers	76	12	11,5	0,1	0,5
Graines de ricin	77	12	7,5	0,1	3,5

L'eau de distillation des arachides décortiquées contient 2,9 pour 100 d'azote.

Il ressort nettement de ces essais que les rendements maxima en goudrons primaires correspondent à des températures optima variables avec les différentes catégories de matières oléagineuses traitées ainsi que de la vitesse de passage dans l'appareil de distillation.

A température trop faible ou temps de passage trop court les graines sont incomplètement épuisées. Les gaz brûlent bleu.

A température et vitesse de passage convenables les graines sont épuisées et les gaz brûlent bleu.

A température trop élevée il y a cracking des huiles; les gaz de récupération brûlent avec une flamme éclairante.

Il apparaît que la méthode employée permet de se rendre maître des rendements en goudrons primaires et en charbon, tant en quantités qu'en qualités.

([3]) Par déduction des rendements obtenus avec les arachides brutes.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Microplancton à Dinoflagellés, conservé dans les schistes bitumineux kiméridgiens d'Orbagnoux (Jura).* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

Examinés en lames minces, les schistes bitumineux kiméridgiens d'Orbagnoux, desquels on extrait industriellement des huiles sulfureuses, ne montrent aucune trace de microorganismes planctoniques. On n'y peut voir que quelques Foraminifères et, fort rarement, des restes végétaux, généralement impossibles à identifier.

La désagrégation par l'acide chlorhydrique et des lavages, lévigations et tamisages successifs, m'ont permis d'extraire un matériel enrichi, dans lequel se rencontrent les vestiges d'un microplancton à Dinoflagellés, assez différent du microplancton que j'ai décrit dans les marnes oxfordiennes de Villers-sur-mer [1].

Tout d'abord le nombre des individus, dans des préparations où le matériel est sensiblement réparti de façon analogue, est beaucoup moins élevé. D'autre part la conservation y est, d'une manière générale, infiniment moins satisfaisante et il est donc difficile, dans ces conditions, de faire une comparaison quantitative digne d'intérêt.

Au point de vue qualitatif, on constate en premier lieu que les Hystrichosphères, communes dans l'Oxfordien de Villers, sont extrêmement rares dans le Kiméridgien d'Orbagnoux (2 ou 3 spécimens, contre plus de 150 Dinoflagellés), et c'est pourquoi j'ai parlé ici d'un microplancton à Dinoflagellés. Cela ne signifie évidemment point que les Hystrichosphères étaient très rares au Kiméridgien, mais seulement qu'elles le sont dans les couches d'Orbagnoux que j'ai examinées jusqu'à présent. Parmi les Dinoflagellés, une espèce découverte dans l'Oxfordien, le *Gonyaulax cladophora* Defl., se retrouve à Orbagnoux. Elle y est cependant beaucoup plus rare que plusieurs autres espèces, considérées comme nouvelles, et dont des figures seront données plus tard. Comme on peut s'en rendre compte en comparant ces espèces à celles que j'ai décrites pour l'Oxfordien de Villers, la diversité des tailles est notablement plus grande à Orbagnoux, et l'étude de l'ensemble de ce microplancton kimérid-

---

(1) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 687.

gien montre encore que les formes globuleuses y sont apparemment prédominantes.

L'aspect général des meilleurs spécimens de Dinoflagellés est analogue à celui des Dinoflagellés oxfordiens ou calloviens : comme pour ceux-là, leur matière organique est, semble-t-il, inchangée. On sait toutefois que j'ai montré par des réactions microchimiques (²) qu'il n'y a là qu'une apparence et qu'en fait, la composition chimique de ces membranes fossiles, autrefois cellulosiques selon toute probabilité, est certainement assez complexe. Je n'ai pu, faute de matériaux assez riches, répéter et vérifier sur le microplancton d'Orbagnoux, les expériences faites sur celui de Villers.

Un intérêt tout particulier présenté par le microplancton à Dinoflagellés d'Orbagnoux réside dans le fait que *c'est le premier microplancton de ce genre qui ait été conservé dans des roches d'origine sapropélienne*. L'intensité des phénomènes de décomposition qui régnait lors du dépôt du sédiment explique la disparition complète, dans bien des couches, de tout vestige du microplancton. Ce n'est donc que dans certaines d'entre elles que de tels vestiges ont été conservés exceptionnellement, et ces couches correspondent à des périodes où les conditions nécessaires à la formation du sapropèle étaient en régression, ou tout au moins, étaient fortement masquées.

Les variations dans les conditions de la sédimentation se traduisent dans les schistes d'Orbagnoux par des alternances de couches sombres et claires, et certains indices tirés de mes premières recherches tendraient à démontrer que c'est plutôt dans les zones claires qu'il faut rechercher les traces du microplancton. Cependant il ne faut pas généraliser trop vite les résultats de ces premiers sondages, et il y aura lieu d'étudier les diverses couches d'une manière approfondie, avant de pouvoir tirer des conclusions sur la répartition du microplancton.

(²) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 854.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les uréides glyoxyliques dans l'évolution de la fleur et du fruit d'*Acer pseudo-Platanus L. Note de MM. **Arthur Brunel** et **Robert Echevin**, présentée par M. Marin-Molliard.

L'étude du métabolisme azoté dans l'évolution de la fleur d'*Acer pseudo-Platanus* nous a fourni des résultats qui mettent nettement en lumière le rôle physiologique joué par l'allantoïne et l'acide allantoïque dans la synthèse des molécules protéiques. Les dosages, portant sur le même nombre d'échantillons récoltés à des stades successifs de développement de la fleur depuis le bourgeon jusqu'au fruit mûr, ont été effectués séparément sur les écailles et les fleurs du bourgeon, sur les pétioles et les fruits, puis, dès que ceux-ci atteignirent un développement suffisant, sur les péricarpes et les graines. Les nombres réunis dans les tableaux ci-contre concernent diverses formes biologiques d'azote et les mesures d'activité des enzymes, allantoïnase et allantoïcase, exprimées en milligrammes de substance transformée dans des conditions optima qui ont été définies par ailleurs [1]. La recherche de l'urée a porté sur toutes les récoltes; elle nous a conduits à des résultats négatifs.

Les écailles et les fleurs dont l'ensemble constitue les bourgeons du 16 avril ont une teneur en uréides glyoxyliques s'élevant à 21,85 pour 100 de l'azote soluble. Dans les quelques jours qui suivent l'ouverture du bourgeon il se produit dans l'inflorescence, un véritable afflux de formes solubles d'azote et notamment d'uréides qui constituent 40 pour 100 de l'azote transporté. Mais ce sont les pétioles et les péricarpes, c'est-à-dire les organes irriguant l'embryon, qui sont, de beaucoup, les plus riches en uréides; dans les pétioles, les uréides représentent 60 à 90 pour 100 de l'azote soluble; dans les péricarpes récoltés en août cette teneur s'élève à 50 pour 100. En novembre, quand l'accumulation des protides de réserve de la graine est terminée, les péricarpes contiennent près de 30 fois moins d'acide allantoïque qu'en août; d'août à novembre, les uréides glyoxyliques contenus dans les péricarpes diminuent de 12 à 1, tandis que l'azote protéique de la graine s'élève de 1 à 2.

Les amides, moins abondants, présentent des variations sensiblement parallèles à celles des uréides.

---

(1) *Rev. gén. Bot.*, 50, 1938, p. 73.

	Récolte				
	du 16 avril. — 100 bourgeons à fleurs		du 23 avril. — 100 grappes en fleurs.	du 10 mai. — 100 grappes	
	écailles.	fleurs.		pétioles.	fruits.
stance sèche (g)	22,5	6	41,1	12,6	40,29
rotéique (g)	0,6365	0,2216	1,0779	0,2769	0,8572
oluble (g)	0,1984	0,0842	0,7236	0,3465	0,4725
es amides (g)	0,0268	0,0106	0,0773	0,0365	0,0398
e l'allantoïne (g)	0,015	0,007	0,0966	0,1078	0,0779
e l'acide allantoïque (g)	0,015	0,0114	0,1915	0,1376	0,0862
es uréides glyoxyliques (g)	0,030	0,0184	0,2881	0,2454	0,1641
es amides % de N soluble	13,50	12,58	10,68	10,53	8,42
es uréides glyox. % de N soluble	15,12	21,85	39,81	70,82	34,73
ctivité enzymatique					
antoïnase	170	28	264	82	157
antoïcase	0	0	0	0	0

	Récolte					
	du 5 août. — 100 grappes			du 4 novembre. — 100 grappes		
	pétioles.	péricarpes.	graines.	pétioles.	péricarpes.	graines.
stance sèche (g)	23,05	172,7	74,11	24,54	149,22	127,99
rotéique (g)	0,2619	1,7276	2,8551	0,2619	1,4275	5,6985
oluble (g)	0,2785	2,5218	1,1142	0,1989	0,4974	1,5071
es amides (g)	0,0249	0,2968	0,0696	0,0166	0,058	0,1243
e l'allantoïne (g)	0,0912	0,5604	0,1127	0,0779	0,0796	0,1774
e l'acide allantoïque (g)	0,1542	0,6698	0,0597	0,0398	0,0232	0,2006
es uréides glyoxyliques (g)	0,2454	1,2302	0,1724	0,1177	0,1028	0,378
es amides % de N soluble	8,94	11,49	6,24	8,34	11,66	8,24
es uréides glyox. % de N soluble	88,11	48,78	15,47	59,17	20,66	25,08
ctivité enzymatique						
antoïnase	223	1003	774	0	0	921
antoïcase	0	0	0	0	0	0

Avant la maturité complète du fruit, tous les organes, sauf la graine, sont plus riches en acide allantoïque qu'en allantoïne et offrent une activité allantoïnolytique relativement élevée; à la maturité complète, pétioles et péricarpes renferment au contraire plus d'allantoïne, mais ils ne présentent plus aucune activité enzymatique; nous retrouvons ici un fait que nous

avons déjà signalé ([1]) et qui montre que la formation de l'acide allantoïque dans les tissus s'effectue par scission enzymatique de l'allantoïne.

Nulle part nous n'avons rencontré l'allantoïcase, mais tous les organes possèdent une activité uréasique très active; la dégradation de l'acide allantoïque peut donc s'effectuer, suivant l'hypothèse de Fosse ([2]), sans l'intervention de l'enzyme correspondant.

Rappelons que nous avons constaté antérieurement la présence ou l'apparition des deux uréides glyoxyliques dans les graines ou dans les plantules de *Soja hispida*, de *Lupinus albus* et d'*Agrostemma Githago;* dans la fleur de l'*Acer*, l'étude de l'évolution de ces substances est beaucoup plus expressive, puisque les uréides représentent 2 à 6 pour 100 de la matière sèche de certains organes; on peut considérer que l'allantoïne et l'acide allantoïque constituent, comme les amides et les acides aminés, des formes de transport d'azote; ces uréides jouent un rôle très actif dans les réactions biochimiques qui aboutissent à la simplification ou à l'édification des protides.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Indice de méthoxyle de quelques gommes et en particulier des gommes arabique et adragante.* Note de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Pierre Gonnard**, présentée par M. Auguste Béhal.

L'un de nous ([1]) a substitué, à l'indice de méthyle trop général et assez imprécis, celui de méthoxyle, c'est-à-dire le nombre de milligrammes de méthoxyle-OCH^3 contenus dans 1^g de corps soumis à l'analyse. On utilise la technique de Zeisel, adaptée à la micro-analyse selon Pregl. La valeur de cet indice est déduite de l'expression $n \times 31/p \times 50$ dans laquelle n représente le nombre de centimètres cubes de solution d'azotate d'argent combinés, p le poids de la prise d'essai en grammes, $31 = OCH^3$ et 50 figure ici la normalité de la solution argentique employée.

La présence de groupements OCH^3 dans la gomme adragante avait déjà été signalée par von Fellenberg ([2]) en 1918, au cours de son travail fonda-

([2]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 883 et 1264.

([1]) P. Gonnard, *Thèse doct. univ.* (*Pharm.*), Paris 1937; *Bull. Sc. Pharm.*, **44**, 1937, p. 545-551.

([2]) Th. v. Fellenberg, *Bot. Z.*, **85**, 1918, p. 158-159.

mental sur les composés pectiques, et dans la gomme du Kordofan, en 1931, par F. Weinmann ([3]); mais, au cours de récentes investigations [([1]), ([4])] portant sur une cinquantaine de résines, baumes, gommes et gommes-résines, nous avions constaté que les gommes arabique et adragante avaient des indices de méthoxyle relativement faibles, mais cependant distincts et respectivement de 2,5-3 et 38-41.

Cette Note a pour but de montrer que les faits précédemment observés n'étaient pas fortuits, mais présentent bien un caractère général.

Les échantillons examinés, d'origine contrôlée, proviennent en grande partie des collections rapportées par M. Em. Perrot (Em. P.) et exposées au musée des matières premières d'origine végétale de la Faculté de Pharmacie [([5]), ([6])] et des collections G.-A. Vée ([7]) et P. Lemeland ([8]) du laboratoire de Pharmacie galénique de la même Faculté (P. G.); enfin un échantillon est dû à M. Lutz ([9]) (L.).

Les matières premières sont finement pulvérisées et desséchées dans le vide sur l'anhydride phosphorique.

Gomme arabique.	Ind. OCH^3.
Khartoum, dure (P. G.)	0
Kordofan, friable (P. G.)	0
Acacia Verek Guill. et Perr. (L.) ([a])	0,6
Salabreida, rouge (P. G.)	3,8
Bas fleuve (P. G.)	6,2
Acacia Seyal Del., Semzandan (Em. P.)	6,4
Salabreida vermicellée (Em. P.)	7,7
Salabreida, blanche (P. G.)	8,7
Gésireh, en sorte, mélange (P. G.)	12,4

([a]) Prélevée directement sur l'arbre.

([3]) F. Weinmann, *Bot. Z.*, 236, 1931, p. 89 et 97.
([4]) M. M. Janot et S. Sabetay, *Bull. Sc. Pharm.*, 42, 1935, p. 529-532.
([5]) Ém. Perrot et A. Alland, *Notice* n° 5 de l'Office national des Matières premières végétales, Paris, 1920.
([6]) Ém. Perrot, *Notice* n° 31, Paris, 1929.
([7]) G. A. Vée, *Thèse École Sup. Pharm.*, Paris, 1888.
([8]) P. Lemeland, *Thèse École Sup. Pharm.*, Paris, 1905.
([9]) L. C. Lutz, *Thèse École Sup. Pharm.*, Paris, 1895.

Gomme adragante.	Ind. OCH^3.
Astragalus creticus Lam. (Em. P.)	18,6
Syrie, blonde (Em. P.)	21
Anatolie, blonde (Em. P.)	24,8
Perse	29,7
Astrag. gummifer Labill. (Em. P.)	30
Smyrne (Em. P.)	30,6
Syrie, blanche extra (Em. P.)	31,7
Astrag. verus Oliv., plaques	32,6
Astrag. verus Oliv., vermiforme	38

Le tableau précédent fait apparaître la très faible teneur en méthoxyle des gommes arabiques en général et la présence notable de ce groupement dans les gommes adragantes.

La gomme arabique ou du Sénégal, c'est-à-dire celle exclusivement fournie par *Acacia Sénégal* (L.) Willd. (syn. *A. Verek* Guill. et Perr.) [10], a un indice voisin de 0; ce caractère, joint à ceux de la solubilité dans l'eau et du pouvoir rotatoire lévogyre en milieu aqueux, est à retenir.

Les gommes issues des *Acacia Seyal*, *A. albida*, *A. tortilis* [10], constituant la gomme *Salabreida*, ont un indice voisin de 6.

Les gommes adragantes ont un indice voisin de 30.

L'interprétation de ces résultats peut être rapportée, d'une part à l'origine des tissus, lignifiés ou non, ayant subi la gommose; la lignine est en effet très riche en groupement OCH^3; d'autre part à la présence dans la gomme adragante de dérivés méthoxylés du type de ceux connus dans les composés pectiques [11], et ceci, en particulier dans la fraction insoluble appelée bassorine [2]. Nous avons cependant trouvé, chez une gomme adragante d'indice égal à 38, pour la tragacanthine ou fraction soluble dans l'eau un indice de 36 et pour la bassorine correspondante, un indice de méthoxyle de 25.

Les indices trouvés pour quelques gommes indigènes ou exotiques sont les suivants :

Prunier 0; abricotier 23; *Sterculia* 0; *Anacardium occidentale* L., parties sombres 6,6; parties claires 6,7; gomme obtenue par incision 7; *Feronia Elephantum* Corr. 12,6; *Cochlospermum gossypium* D. C. 12,6; *Mangifera indica* L. 18; *Bowdichia major* Mart. 19.

---

[10] A. Chevalier, *Rev. Bot. appliquée*, 8, 1928, p. 46 et suiv.

[11] A. G. Norman, *Biochem. J.*, 25, 1931, p. 200.

Il faut surtout retenir de ces derniers indices, celui de o de la gomme de prunier contre celui de 23 de la gomme d'abricotier, et également l'indice nul de la gomme de *Sterculia*, gomme appelée à jouer un grand rôle économique.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la nature de l'excitation par les hétéro-auxines dans la formation provoquée de racines ou de bourgeons en n'importe quel point de boutures de feuilles*. Note de M. **Pierre Chouard**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'intérêt des boutures de feuilles, en organogénèse expérimentale, est qu'on y assiste à la formation *de novo* de bourgeons et de racines. Il est maintenant démontré que les hétéro-auxines ont non seulement le pouvoir de stimuler le développement des racines, mais provoquent aussi le développement de bourgeons sur certaines feuilles en bouturage.

Cette dernière propriété a été découverte depuis un an (¹). Tout récemment, j'ai pu étendre les premiers résultats, observés d'abord sur *Alloplectus Lynchii* Hook. (Gesnéracée), puis sur *Begonia Rex* Putz (Bégoniacée), à une plante toute différente, une Monocotylédone, *Endymion non-scriptus* (L.) Hoff. et Link (Liliacée, la Jacinthe des Bois). Je suis parvenu aussi à déclencher le bouturage en n'importe quel point des feuilles de ces trois plantes et à provoquer, séparément ou conjointement, la formation des racines ou des bourgeons.

Localisation. — Pour obtenir à volonté des néoformations en un point quelconque de ces feuilles, en utilisant la technique par trempage que j'ai indiquée précédemment, il suffit d'amener des substances actives à se localiser, à la dose convenable, au point désiré.

1° Les substances actives sont bien les corps connus comme *hétéro-auxines*, car les acides *indol-3-acétique*, *indol-3-butyrique*, *α-naphtalène-acétique* purs, des firmes Prolabo, Hoffmann-Laroche etc., et leurs présentations commerciales, comme l'*Hormodin* ou l'*Hortomone* A, ont des actions comparables.

(¹) Mlle G. Haure, *Dipl. Ét. Sup. Fac. Sc. Bordeaux*, 13 nov. 1937; P. Chouard, *Rev. Hort.*, **110**, 1938, p. 101; *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1401; R. Prévot, *Bull. Soc. r. d. Sc. de Liége*, **7**, 1938, n°s 3-4, p. 284.

2° Les doses fortes que j'ai déjà indiquées restent bloquées au point d'introduction au lieu d'émigrer vers la base.

3° La pesanteur, incapable d'inverser ici la polarité du bouturage normal, intervient dans la migration des hétéro-auxines introduites qui tendent à diffuser vers le bas. On peut ainsi, par une orientation convenable, faciliter l'immobilisation des corps actifs au point désiré.

4° Par des incisions appropriées, et en trempant certains lambeaux dans l'eau pure, d'autres dans les solutions titrées d'hétéro-auxines, et en laissant d'autres parties dans l'air sec, il m'a été possible de conduire au point choisi, avec le courant aspiré par la transpiration, des doses variées des corps actifs et d'y déterminer à volonté des néoformations de racines ou de bourgeons, par exemple à la pointe des feuilles, sur le bord, ou au milieu.

Nature et ordre de succession des néoformations. — Dans le bouturage normal, chez *Alloplectus* et *Begonia Rex*, à la base exclusivement apparaissent d'abord des racines (en 10 à 20 jours), puis des bourgeons (8 à 10 jours plus tard). En bloquant, dans des expériences successives, des doses croissantes d'hétéro-auxines à la pointe, on y fait apparaître : des racines seulement, puis des racines rapidement suivies de bourgeons, parfois des bourgeons seuls, puis des racines nombreuses et des bourgeons tardifs, enfin des nécroses avec racines et sans bourgeons. Ces résultats correspondent à des doses échelonnées entre 50 et 200^{γ} par centimètre cube d'acide indol-3-butyrique, ou 3 à 5 fois moindres d'acide α-naphtalène-acétique, pour 24 heures.

Chez *Endymion*, les bourgeons (bulbilles) apparaissent normalement à la base en 15 à 25 jours; mais la feuille ne forme généralement pas de racines, les bulbilles seules en produisent tardivement. Ici, l'échelle des doses est 10 à 20 fois plus faible : les plus petites provoquent à la pointe l'apparition de bourgeons un peu tardifs et seuls; les doses plus fortes entraînent la formation ultérieure de racines nées sur la feuille. Avec des doses encore plus fortes, il peut ne paraître que des racines. Si ces doses sont administrées à la base, et surtout sous la forme de concentration faible pendant un temps long (par exemple $0^{\gamma},5$ d'acide indol-3-acétique par centimètre cube pendant 15 jours), il se produit de grosses tumeurs restant longtemps inorganisées, et d'où sortent, parfois tardivement, quelques bulbilles, ou plus souvent, quelques racines fasciées.

Conclusions. — Ces résultats sont de nature à modifier les idées sur le rôle des auxines et hétéro-auxines dans l'organogénèse :

Dans beaucoup de traités récents, ces substances sont considérées comme identiques ou analogues aux *rhizocalines* (c'est-à-dire aux hormones spécifiquement formatives de racines). Quelques doutes pourtant s'élevaient contre cette affirmation ([3]). Il y faut renoncer en effet puisque, dans mes expériences, si ces substances appellent souvent la formation exclusive ou préalable de racines, elles peuvent aussi, dans d'autres cas, stimuler la formation exclusive ou préalable de bourgeons; il est également difficile d'en faire des hormones spécifiquement formatives de bourgeons. Il est aussi impossible de voir, dans les racines préalablement formées, le lieu d'élaboration normal de ces dernières hormones, alors que l'*Endymion* montre l'apparition régulière de bourgeons *avant* les racines ([4]).

Il subsiste que toutes ces néoformations, naturelles ou provoquées, commencent par une hypertrophie des tissus donnant une tumeur inorganisée qui évolue ensuite en racine ou en bourgeon, après avoir créé un centre d'appel des produits les plus divers du métabolisme de la feuille. Les auxines et hétéro-auxines sont des stimulants incontestables de cette première phase, mais la différenciation des ébauches doit être le résultat d'autres facteurs. Il reste qu'avec les hétéro-auxines, employées quantitativement, nous disposons d'un moyen très puissant de mettre en branle les phénomènes complexes de l'organogénèse et, dans une large mesure, de les diriger à notre gré.

EMBRYOGÉNIE. — *Localisations germinales dans l'œuf vierge d'Anoures.* Note ([1]) de M. **Tchou-Su.**

Nous avons obtenu, en 1936, une proportion notable de monstres d'Anoures par la centrifugation des œufs récemment fécondés (12-15 min.). Ce résultat ressemble singulièrement à ceux qui ont été obtenus par d'autres techniques appliquées avant la segmentation chez les Urodèles et les Anoures (Bagini, 1923; Penners, 1929; Fankhauser, 1930; Pasteels, 1932).

([3]) H. Fitting, *Biol. Zentralbl.*, 56, 1936, p. 69; L. Jost, *Zeitsch. f. Bot.*, 31, 1937, p. 95; R. Bouillenne, *Et. et Rech. s. les Phytohormones*, Soc. des Nations, Paris, (1937) 1938, p. 55.

([4]) P. Chouard, 65e *Congr. des Soc. Sav.*, 1932, p. 248.

([1]) Séance du 26 septembre 1938.

C'est la chronologie de la fixation des localisations germinales qu'il faut préciser. D'après les faits expérimentaux connus, on peut déjà affirmer que très peu de temps après la pénétration spermatique, bien antérieurement à l'apparition du *croissant gris*, l'œuf de Batraciens, tant Urodèles qu'Anoures, possède des territoires plus ou moins définis à potentialités évolutives déterminées.

En est-il de même pour l'œuf vierge? Avant de donner la démonstration décisive, il faut rappeler tout d'abord que Spemann (1928) admettait une telle possibilité pour l'œuf de Triton; Fankhauser (1930) considérait le fait comme probable; Brachet (1931) parlait des matériaux et des énergies formatrices préexistant dans l'œuf mûr, mais distribués et localisés de façon plus vague et plus labile; Pasteels (1932), après avoir envisagé les idées de divers auteurs sur ce point, terminait par la phrase suivante : « Seule une étude expérimentale du germe non fécondé des Amphibiens, si elle est un jour réalisable, permettra de résoudre cette question primordiale ».

Essayons maintenant de réaliser la prévision de Pasteels, par une centrifugation plus énergique des œufs vierges d'Anoures chinois (Rana nigromaculata et Bufo asiaticus). Nous avons l'habitude de nous servir de la solution saline (3 pour 1000 NaCl) à la place de l'eau douce dans nos opérations, pour éviter d'abord la consolidation de la membrane moyenne (Bataillon et Tchou-Su, 1930) (obstacle à l'imprégnation) et pour faciliter ensuite la pénétration du spermatozoïde dans l'œuf plus ou moins brutalisé.

Voici les expériences. Recueillons les œufs vierges bien mûrs et mettons-les dans l'appareil électrique donnant 3000 tours à la minute avec une distance de l'axe de 12 centimètres. La position des œufs par rapport à la direction de la force centrifuge est nécessairement quelconque. La durée de l'opération est d'une importance primordiale pour avoir les résultats souhaités. Il faut 2, 3 ou même 4 minutes, s'il s'agit des œufs vierges, au lieu qu'une seule minute suffit amplement pour le matériel fécondé.

Sur l'œuf de *Rana nigromaculata*, avec 5 minutes de centrifugation (à 22°C.) la destruction est presque totale. Parmi les rares larves survivant une semaine, nous avons relevé de multiples malformations portant soit sur la région caudale (queue recourbée de toutes les façons), soit sur la région céphalique (souvent une partie des matériaux axiaux déplacée ou refoulée dans la zone ventrale laquelle fait saillie à l'extérieur comme une tête supplémentaire). C'est sur les stocks moins fortement centrifugés (2 ou 3 minutes) que font apparition des monstres doubles dont la plupart sont asymétriques. Avec les œufs de Bufo, les anomalies sont plus compli-

quées. Néanmoins on peut les répartir en 4 catégories : 1° beaucoup d'ébauches à museau pointu, soit dépourvues de toute trace de ventouse fixatrice, soit munies d'une seule; 2° nombreux embryons asymétriques, souvent bipartis, pigmentés d'un côté, blanchâtres de l'autre; 3° certains individus ayant la portion céphalique bifurquée plus ou moins nette; 4° enfin, de rares têtards munis chacun de deux bouches distinctes et armées l'une et l'autre de dents chitineuses. Sur l'un d'eux en particulier, on observe à la face dorsale un œil médial plus volumineux que les deux latéraux et quatre orifices nasaux derrière lesquels se trouvent deux troux pariétaux au lieu d'un seul.

Le fait le plus frappant fourni par nos expériences est la ressemblance remarquable entre les monstres provenant des œufs non fécondés et ceux des œufs fécondés, traités par le même procédé, ressemblance d'autant plus significative qu'elle peut être poussée dans certaine limite jusqu'aux monstres de Fankhauser et ceux de Pasteels, obtenus par d'autres procédés sur les œufs fécondés d'Urodèles et d'Anoures; ressemblance très importante par laquelle on voit clairement la même organisation interne dans le germe vierge et fécondé de Batraciens. Sans vouloir préciser la répartition des territoires organoformateurs dans l'œuf mûr non fécondé, ni discuter la question nébuleuse de la préexistence de l'organisateur de Spemann avant la fécondation, nous tenons simplement, pour le moment, à mettre en évidence dans l'œuf non fécondé d'Anoures les localisations germinales et à les rapprocher de celles de l'œuf vierge des Tuniciers, démontrées récemment par le professeur belge Dalcq (1932).

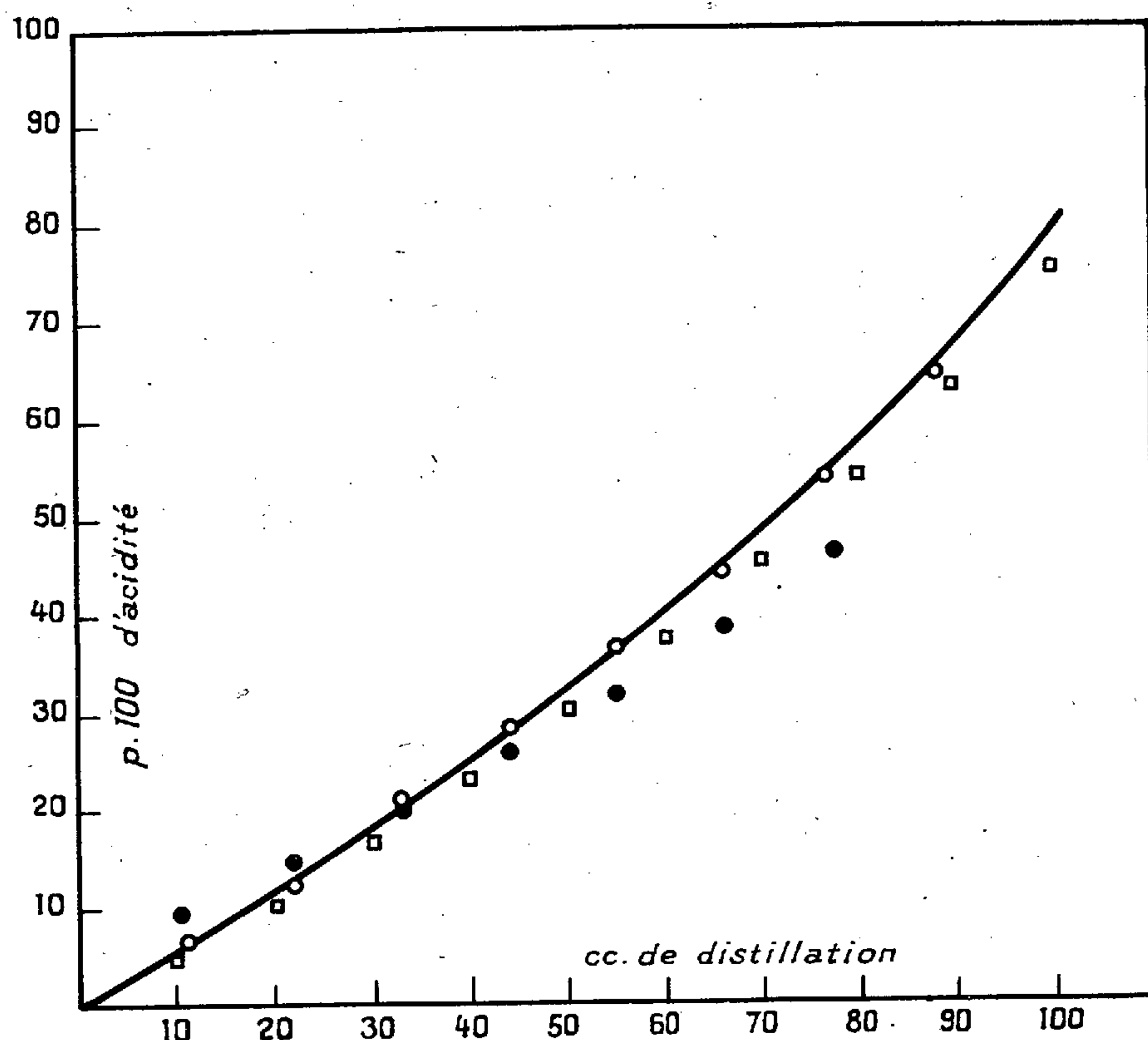
CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Présence de fonctions acétyles instables dans les protéides du sérum de cheval.* Note [1] de MM. **Georges Sandor** et **Joseph Tabone**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans des conditions relativement très ménagées, l'hydrolyse alcaline libère à partir des protéides du sérum de cheval normal environ 10^{cm^3} d'acide acétique N/20 pour 100^{cm^3} du sérum. L'hydrolyse en présence de la soude 0,4 N environ est terminée en 4 à 5 jours à 37°, mais 20 à 22 pour 100 de l'acide acétique total sont libérés quasi instantanément après l'alcalinisation. Cependant il s'agit certainement d'acide acétique fixé d'une

(1) Séance du 1er août 1938.

façon chimique, puisque l'acidification directe du sérum dialysé ne libère aucun acide volatil. L'acide acétique est fixé aux protéides sériques. En effet, d'une part, sa quantité reste rigoureusement constante pendant la dialyse du sérum, d'autre part, on le retrouve intégralement dans les protéides entièrement dégraissés par l'alcool et l'éther à chaud, tandis que l'hydrolyse alcaline ménagée de la fraction lipidique ne donne pas naissance à des acides volatils en quantité décelable.

Coefficients de partage : 10^{cm^3}, solution acide +; ~ 11^{cm^3}, éther. I, 0,72; II, 0,717; III, 0,71. Acide acétique dans les mêmes conditions : 0,705. *Équivalent acide :* Par la pesée des acides sur le produit desséché dans le vide P^2O^5 : exprimé en acétate de sodium : 86,5 au lieu de 83.



Techniques employées. — Le sérum fut dialysé en général pendant 2 à 3 jours contre l'eau courante dans des sacs de collodion ou bien l'on a précipité les protéides totaux à partir du sérum stérile par un excès d'alcool. Le précipité alcoolique fut alors lavé à l'alcool bouillant à plusieurs reprises, puis à l'éther et finalement séché. Nous avons ajouté

à 100^{cm^3} du sérum dialysé ou à 5^g de protéides sériques mis en suspension dans 100^{cm^3} d'eau distillée, 5^{cm^3} de soude concentrée et les mélanges furent maintenus à l'étuve pendant 5 jours, puis nous les avons acidifiés à l'aide de 50^{cm^3} d'une solution d'acide citrique 3,5M et finalement distillés dans le vide vers 50°. La distillation fut répétée encore à deux reprises avec 10^{cm^3} environ d'eau distillée à chaque fois, puis le distillat légèrement alcalinisé et concentré à faible volume. Finalement nous avons entraîné les acides volatils une seconde fois par la vapeur d'eau après avoir acidifié le distillat concentré par l'acide citrique ou l'acide phosphorique. Le distillat final fut débarrassé de l'acide carbonique et de l'acide sulfhydrique par ébullition prolongée en présence d'un réfrigérant ascendant. Les titrations furent effectuées par de la soude exempte de carbonate en présence de phtaléine de phénol. La nature de l'acide volatil fut démontrée par la détermination du coefficient de partage entre l'éther et l'eau et par l'établissement de la courbe d'entraînement fractionné par la vapeur d'eau (méthode de Duclaux). Les résultats ainsi obtenus à plusieurs reprises démontrent d'une façon indiscutable la présence d'acide acétique pratiquement pur dans les distillats. Le contrôle des réactifs a prouvé l'absence d'acides volatils dans l'acide citrique, l'acide phosphorique et la soude concentrée que nous avons employés.

Il est ainsi hors de doute que les protéides du sérum de cheval normal contiennent des fonctions acétyles instables. En prenant un poids moléculaire moyen de 100.000 pour les protéides sériques, nous pouvons dire que chaque molécule contient 6 à 8 radicaux acétyles. Aucun acide aminé connu jusqu'à ce jour ne peut libérer d'acide acétique dans les conditions indiquées ci-dessus. Nous avons vérifié que le glycocolle en particulier n'éprouve aucune désamination dans ces conditions. Celles-ci indiquent plutôt qu'il s'agit de fonctions acétamides, ou même d'acétates de fonctions phénoliques ou alcooliques. Vu l'instabilité de ces groupements, ils pourraient avoir une importance capitale du point de vue biologique.

A 15^h30^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15^h30^m.

E. P.

ERRATA.

—

(Séance du 22 août 1938.)

Note de MM. *Jean-Jacques Trillat* et *Maurice Aubry*, Sur l'étude du raffinage des huiles au moyen d'une méthode photographique :

Page 427, ligne 21, *au lieu de* A. Aubry, *lire* Maurice Aubry.

(Séance du 26 septembre 1938.)

Note de M. *Jean Bricard*, Couronnes et Anticouronnes dans les brouillards naturels au sommet du Puy de Dôme :

Page 539, lignes 3 et 9, *au lieu de* N^2R^4, *lire* NR^4.
Page 540, ligne 17, *au lieu de* le rayon qui suit..., *lire* le rayon que suivant....



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 OCTOBRE 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les familles de fonctions holomorphes non uniformément bornées.* Note de M. **Paul Montel**.

1. Soient $f(z)$ une fonction holomorphe dans un domaine connexe (D) et M le maximum de son module. On sait que toute famille de fonctions $f(z)$ pour lesquelles M reste inférieur à un nombre fixe est une famille normale : on peut grouper les fonctions $f(z)$ en une infinité dénombrable de familles normales.

Considérons maintenant une famille arbitraire de fonctions $f(z)$ et désignons par $g(z)$ la fonction égale à $f(z)/M$. On peut énoncer la proposition suivante :

Si aucune fonction limite de l'ensemble $g(z)$ n'est identiquement nulle, la famille $f(z)$ est quasi normale; si aucune limite de l'ensemble $g(z)$ n'a de zéro intérieur à D, *la famille est normale.*

On peut, de bien des manières, assujettir $f(z)$ à une condition telle qu'aucune limite des $g(z)$ ne soit identiquement nulle. Par exemple, si z_0 est un point intérieur à D, on peut supposer que $f(z)$ vérifie l'inégalité

$$|f(z_0)| \geqq \delta M \qquad (0 < \delta \leqq 1),$$

δ désignant une constante, lorsque M est assez grand.

Si $g(z)$ n'a aucune limite identiquement nulle, pour que la famille $f(z)$ soit normale, il faut et il suffit que toute suite de fonctions $f(z)$ pour laquelle la suite M *augmente indéfiniment n'ait qu'un nombre fini de zéros dans tout domaine intérieur à* (D).

Si aucune limite de $g(z_0)$ n'est nulle quand M *croît indéfiniment, la famille $f(z)$ est normale dans un cercle de centre z_0.*

Par exemple, si (D) est le cercle-unité : $|z| \leq 1$, et si $f(z)$ vérifie la condition

$$|f(0)| \geq \delta M \qquad (0 < \delta \leq 1),$$

le cercle de normalité de centre origine a pour rayon δ. Cette limite est atteinte pour la famille de fonctions

$$f_n(z) = n \frac{\delta - z}{1 - \delta z}.$$

2. Soit $M_p(r)$ la moyenne de Hardy d'ordre p relative à la fonction $f(z)$ holomorphe pour $|z| \leq 1$, définie par l'égalité

$$M_p(r) = \left[\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} |f(re^{i\theta})|^p \, d\theta \right]^{\frac{1}{p}}.$$

Lorsque p augmente indéfiniment, $M_p(r)$ a pour limite le maximum $M(r)$ du module; lorsque p tend vers zéro, $M_p(r)$ a pour limite la moyenne géométrique $M_0(r)$ définie par

$$\log M_0(r) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \log |f(re^{i\theta})| \, d\theta.$$

Supposons p positif : les résultats du paragraphe 1 sont applicables en remplaçant M par $M_p(1)$. Il n'en est plus de même pour $p = 0$. En particulier, si la condition

$$|f(0)| \geq \delta M_p(1) \qquad (0 < \delta \leq 1)$$

est remplie, le noyau de normalité de centre origine a un rayon au moins égal à

$$\delta \frac{p}{(p+1)^{\frac{p+1}{p}}},$$

expression qui tend vers δ lorsque p croît indéfiniment.

3. Désignons par A le maximum de $\mathcal{R}[f(z)]$, partie réelle de $f(z)$: les résultats du paragraphe 1 sont encore applicables en remplaçant M par A que l'on peut toujours supposer positif.

En particulier, si le domaine (D) est le cercle-unité et si $f(z)$ vérifie la condition

$$|\mathcal{R}[f(0)]| \geq \delta A \qquad (\delta > 0),$$

le rayon du noyau de normalité de centre origine est $\delta/\delta + 2$ comme l'a établi M. G. Valiron [1].

---

[1] *Rendiconti della R. Accad. dei Lincei*, 6e série, 21, 1935, p. 145.

On peut remplacer A par le minimum A′ de R(f); par B ou B′, maximum ou minimum de la partie imaginaire de $f(z)$.

4. Désignons par $\mathcal{A}$ l'aire totale de la région couverte sur les différents feuillets du plan complexe par les valeurs de $f(z)$: les résultats du paragraphe 1 sont applicables en remplaçant M par $\sqrt{\mathcal{A}}$ ou par $R=\sqrt{\mathcal{A}/\pi}$.

En particulier, si (D) est le cercle-unité et si $f(z)$ vérifie l'inégalité

$$|f(0)|\geqq\delta R,$$

le rayon ρ_0 du noyau de normalité de centre origine est

$$\rho_0=\sqrt{1-e^{-\delta^2}}.$$

La limite est atteinte pour la famille de fonctions

$$f_n(z)=n\log\left(\frac{1-\rho_0^2}{1-\rho_0 z}\right).$$

Si l'on appelle $\mathcal{S}$ l'aire couverte sur un seul feuillet du plan complexe, on obtiendra des résultats semblables. En posant encore $R=\sqrt{\mathcal{S}/\pi}$ et en désignant par μ le nombre $\sqrt{\pi/\mathcal{B}}$, dans lequel $\mathcal{B}$ est la constante de Bloch, on trouve que le rayon de normalité relatif à l'origine du cercle-unité est au moins égal à

$$1-e^{-\frac{\delta}{\mu}}$$

si l'inégalité précédente est vérifiée.

5. Enfin, on peut, dans les théorèmes du premier paragraphe, remplacer M par le maximum du module de l'une des dérivées de $f(z)$. On obtient les énoncés suivants, dans lesquels $g_p(z)$ désigne le quotient de $f(z)$ par le module maximum de la dérivée d'ordre p.

Si $g_1(z)$ n'a aucune limite identiquement nulle, toute suite infinie de fonctions $f(z)$ est normale ou quasi normale suivant que les modules des dérivées $f'(z)$ sont bornés ou non dans leur ensemble.

Si $g_p(z)$ n'a aucune limite identiquement nulle, toute suite infinie de fonctions $f(z)$ est quasi normale d'ordre $p-1$ ou quasi normale d'ordre arbitraire suivant que les modules des dérivées $f^{(p)}(z)$ sont bornés ou non dans leur ensemble.

AVIATION. — *Sur la loi de gonflage des pneumatiques d'avion géométriquement semblables.* Note de MM. **Albert Caquot**, **Jean Villey** et **Pierre Blanchet**.

Considérons une série de bandages pneumatiques géométriquement semblables, dont chaque terme est défini par le rapport k de ses dimensions linéaires à celles du modèle choisi comme type, par exemple le plus petit.

L'écrasement maximum admis sous charge statique est défini en valeur relative par la condition de ne pas entraîner une usure exagérée des bandages. Il est caractérisé par une surface d'appui, sur sol horizontal uni, de la forme $S = k^2 s$.

Il y a lieu d'étudier si la pression de gonflage P doit varier en fonction de k. Nous mettrons en évidence la pression de gonflage p du modèle choisi comme type en écrivant $P = hp$, et nous définirons le problème comme la recherche d'une loi rationnelle pour relier le *coefficient de gonflage* h au coefficient d'homothétie k.

Le but à poursuivre est de réduire autant que possible le poids et la résistance aérodynamique des pneumatiques en réduisant leur dimension k. Nous chercherons donc à augmenter la masse maxima M susceptible d'être portée par le bandage de dimension k. Elle est définie sensiblement par la relation $Mg = PS = hk^2ps$, qui s'écrit pour le modèle minimum $mg = ps$, et qui donne $hk^2 = M/m$. L'expérience et le calcul montrent en effet que la réaction sur le sol se compose presque uniquement du terme correspondant à l'équilibre de l'élément-plan déformé de surface S, la composante verticale due aux éléments latéraux de l'enveloppe étant négligeable.

Le diamètre de boudin du modèle minimum doit être suffisant pour lui permettre d'absorber les irrégularités du sol dans le roulement sur sol rigide; cela détermine s, puisque l'écrasement statique est géométriquement défini. Sa charge m est alors limitée par le danger d'enlisement dans le sol mou le plus défavorable pour lui; elle définit le produit ps et par conséquent la pression p.

Il reste à voir si l'on peut faire croître h en même temps que k. Les conditions à respecter concernent : 1° les déformations du pneumatique dans le roulement; 2° les déformations du pneumatique à l'atterrissage; 3° les déformations du sol; 4° la résistance de l'armature de l'enveloppe.

1° Dans le roulement sur sol irrégulier rigide, des déformations supplémentaires homothétiques dans le rapport k produisent la même accélération verticale G, indépendante de P [1]. Par conséquent, si l'on tolère une certaine valeur G de l'accélération verticale, les pneumatiques sont capables d'absorber des irrégularités du sol de dimensions linéaires proportionnelles à k, quelle que soit la pression P (la charge M étant supposée telle qu'elle réalise l'aplatissement statique $S = k^2 s$).

Il n'y a donc pas ici d'obstacle à une croissance arbitraire de h en fonction de k.

2° Dans l'atterrissage, il faut éviter le choc solide sur la jante; on imposera donc la condition que l'aplatissement à fond de course ne dépasse pas une certaine surface $\Sigma = k^2\sigma$. La vitesse verticale V susceptible d'être annulée est déterminée par la condition que l'énergie cinétique $1/2\,MV^2$ soit à ce moment complètement absorbée par l'ensemble pneumatique-amortisseur élastique.

L'énergie absorbée par le pneumatique est de la forme

$$W = hk^3 w = \frac{M}{m} kw,$$

avec une approximation analogue à celle de la formule précédente donnant la force Mg. Celle qui est absorbée par l'amortisseur s'écrira, si l'on admet toujours la même course d'écrasement, $\mathcal{W} = AF$, en appelant F la force qu'il transmet du pneumatique à l'avion. Si l'on néglige l'inertie des roues, F est égale à la force d'appui sur le sol, d'où

$$F = hk^2 f = \frac{M}{m} f \quad \text{et} \quad \mathcal{W} = A\frac{M}{m} f.$$

L'équation de conservation de l'énergie donne donc

$$\frac{1}{2} MV^2 = \frac{M}{m} kw + A\frac{M}{m} f \quad \text{ou} \quad \frac{1}{2} V^2 = k\frac{w}{m} + A\frac{f}{m}.$$

---

(1) On a en effet

$$M(g + G) = (P + \Delta P)(S + \Delta S),$$

d'où

$$MG = PS\left(\frac{\Delta S}{S} + \frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta P}{P}\frac{\Delta S}{S}\right),$$

qui donne, en remplaçant $\Delta P/P$ par $-\gamma(\Delta V/V)$ (compression adiabatique),

$$\frac{G}{g} = \frac{\Delta S}{S} - \gamma\frac{\Delta V}{V} - \gamma\frac{\Delta V}{V}\frac{\Delta S}{S}.$$

La vitesse verticale V susceptible d'être absorbée, qui croît avec k, est donc indépendante de h, et il n'y a pas, là non plus, d'obstacle à une croissance arbitraire de h.

3° Par contre, le danger de déformations exagérées des sols non rigides limite la loi de croissance de h de même qu'elle a limité la pression de gonflage p du modèle minimum.

Si l'on impose à la flèche d'enfoncement de rester petite auprès de la largeur $L = kl$ d'appui du pneumatique sur le sol, la pression maxima π susceptible d'être supportée par celui-ci est approximativement de la forme $\pi = \alpha k + \beta$, α étant un facteur positif non nul, proportionnel à l et déterminé par le coefficient de frottement interne du terrain, et β un terme positif déterminé par la cohésion ([2]).

La pression de gonflage P est mesurée sous charge statique. Au moment de l'écrasement supplémentaire par le choc, la pression devient $P(1+\eta)$, le facteur de compression adiabatique

$$\eta = \frac{\Delta P}{P} = -\gamma \frac{\Delta V}{V}$$

ayant la même valeur pour tous les modèles lorsqu'ils s'écrasent homothétiquement. On aura donc la condition $P(1+\eta) \leqq \pi$ ou

$$P \leqq \frac{\pi}{1+\eta} = \mathfrak{T} = \frac{\alpha}{1+\eta} k + \frac{\beta}{1+\eta} = ak + b.$$

A chacun des terrains susceptibles d'être utilisés correspond, dans le plan de coordonnées $(\mathfrak{T}, k)$, une droite BB′ d'équation $\mathfrak{T} = ak + b$. La droite d'un terrain sableux sec sans cohésion $(b = 0)$ passe par l'origine. Pour les autres terrains, on a une ordonnée à l'origine $b > 0$ d'autant plus grande que la cohésion est plus importante, mais les pentes a sont plus faibles; les droites BB′ correspondantes viennent donc toujours passer, pour des valeurs plus ou moins grandes de k, au-dessous de la droite du terrain sableux. Celle qui correspond au terrain qui se trouve être le plus défavorable pour le modèle minimum de la série passe par le point A de coordonnées $k = 1$, $\mathfrak{T} = p$; toutes les autres rencontrent au-dessus d'elle la verticale $k = 1$.

La loi rationnelle de variation de P en fonction de k serait donnée par

---

([2]) On obtient ce résultat par une généralisation de la théorie de l'équilibre des fondations. Cf. A. Caquot, *Équilibre des massifs à frottement interne*, p. 57.

une courbe partant du point A et dont les coordonnées seraient, dans tout le domaine $1 < k < K$, qui caractérise la série étudiée, aussi élevées que possible sans y dépasser aucune des droites BB′ correspondant à la définition mécanique des sols susceptibles d'être utilisés pour les aérodromes.

Pratiquement on cherchera une formule simple du type $P = pk^{\mu}$, avec un exposant positif μ, qui sera évidemment plus petit que 1 étant donné le sens de la courbure exigée ([3]). Dans les séries normalement envisagées on peut en fait satisfaire aux conditions géométriques imposées en prenant $\mu = 2/3$. La loi de gonflage est alors $h = k^{2/3}$.

Cette loi de gonflage étant admise définit réciproquement les droites caractéristiques des sols à admettre dans les aérodromes.

4° L'utilisation de cette loi suppose toutefois des précautions relatives à la résistance des armatures de l'enveloppe. La tension qu'elles ont à supporter est en effet proportionnelle à P (donc à h) et aux rayons de courbure (donc à k); au total elle varie donc proportionnellement à $k^{5/3}$. Cela exige de faire croître le nombre de toiles élémentaires proportionnellement à $k^{5/3}$ et non pas proportionnellement à k, comme le donnerait l'homothétie appliquée à l'épaisseur d'entoilage.

MÉTÉOROLOGIE. — *L'exploration quotidienne de l'atmosphère par les radiosondages. Son développement sur terre et sur mer.* Note de M. **Robert Bourgeois.**

Comme il en a déjà été rendu compte à différentes reprises à l'Académie, l'application de la radioélectricité au ballon-sonde météorologique a permis de rendre le sondage de la haute atmosphère applicable à la météorologie quotidienne. Cette application, connue sous le nom de radiosondage, consiste à remplacer, dans l'équipement des ballons-sonde, l'enregistrement

---

([3]) L'exposant μ est limité par les diverses conditions imposées à la pente

$$\theta_k = \frac{dP}{dk} = p\mu k^{\mu-1} = \frac{pk}{k^{1-\mu}}$$

de la courbe : la pente θ_1 en A doit être au plus égale à la pente a de la droite BB′ qui passe en ce point; l'ordonnée à l'origine $pk^{\mu} - k(p\mu/k^{1-\mu} = pk^{\mu}(1-\mu)$ de la tangente au point d'abscisse k doit être inférieure aux ordonnées à l'origine b des droites BB′ dont la pente a est égale à θ_k; enfin, s'il y a des droites BB′ de pente a plus petite que θ_K, il faut qu'elles satisfassent $aK + b \geqq pK^{\mu}$.

de la température, de la pression et de l'humidité par l'émission automatique de signaux radioélectriques dont la réception ou l'enregistrement faits au sol permettent d'y recueillir instantanément le résultat des mesures faites à bord du petit ballon libre qui emporte l'équipage.

Une radiosonde comporte des instruments de mesure, un émetteur radioélectrique et un dispositif d'envoi automatique de signaux commandés par les instruments de mesure. Le poids total emmené par le ballon est de l'ordre de 1^{kg} à $1^{kg},5$. Les altitudes atteintes dépassent presque toutes 15000^{m} et ont atteint près de 30000^{m}.

Cette technique nouvelle est née en France en mars 1927 et est due aux travaux de MM. Idrac et Bureau à l'O. N. M., ainsi qu'ils en ont rendu compte à l'Académie dans plusieurs Communications. Développée et mise au point dans les années suivantes, utilisée pour la première fois sur une grande échelle au cours de l'année polaire en 1932-1933, elle a été consacrée en 1937 par le Comité Météorologique International qui a établi le plan du réseau mondial de Stations quotidiennes de radiosondages.

Le radiosondage de l'atmosphère a donc transformé la technique du ballon-sonde en mettant sans délai à la disposition du météorologiste le résultat des mesures de température et d'humidité en altitude. L'aérologie devient ainsi applicable à la prévision du temps et à la protection météorologique de la navigation aérienne.

Toutefois, ce résultat ne sera véritablement atteint que par l'organisation à travers le monde de réseaux quotidiens de radiosondage sur les Continents et sur les Océans, comme on l'a dit plus haut. Le Comité Météorologique International a, dès septembre 1937, établi le plan d'un tel réseau. La réalisation de la part française a été entreprise; en voici les premiers résultats.

a. Depuis le 1er janvier 1938, un radiosondage quotidien est exécuté près de Trappes (Seine-et-Oise). Plus de six mois de sondages quotidiens successifs ont été exécutés sans interruption. Les altitudes atteintes s'élèvent haut dans la stratosphère. Pour les six premiers mois de 1938, sur 181 sondages, 163 ont dépassé 10000^{m}; 94, 15000^{m} et 30, 20000^{m}. La plus haute altitude a été atteinte le 12 avril 1938 (28900^{m}).

Les altitudes de la base de la stratosphère se distribuent entre les valeurs extrêmes de 7200^{m} et 14600^{m}. La plus basse température, — 73°, a été enregistrée le 21 janvier à 12500^{m} d'altitude.

La température de la base de la stratosphère a subi d'assez grandes variations entre — 73° et — 38°. Mais le plus intéressant a été l'évolution

de la température d'un jour à l'autre, en fonction du jeu et du déplacement des masses d'air.

b. Mais on a fait davantage. En plus de la station de Trappes, un navire, le *Carimaré*, a été équipé pour des campagnes météorologiques en mer, d'une durée de 3 mois. C'est le premier spécimen des stations météorologiques flottantes qui permettront une protection météorologique complète des traversées aériennes transatlantiques. Il croise aux environs d'une position fixe (1800^{km} à l'Ouest des Açores); une station complète de prévision du temps fonctionne à bord jour et nuit; à cet effet une organisation de radio importante lui permet de concentrer toutes les observations des navires et des continents nécessaires à l'établissement des cartes.

En outre, et c'est ici le point important, le *Carimaré* sert de plate-forme à une station de radiosondage.

Après une première campagne en 1937, au cours de laquelle une radiosonde était lancée tous les deux jours, une campagne de près de 3 mois vient de s'achever en 1938, pendant laquelle une radiosonde a été lancée chaque jour. Sur 79 radiosondages, 75 ont dépassé 10000^m; 66, 15000^m; 11, 20000^m.

La latitude étant plus basse, les températures de la stratosphère sont en général plus basses qu'à Paris et son altitude est plus élevée.

La plus basse température a été rencontrée le 4 mai, le 31 mai et le 16 juin (— 68°); la plus élevée a été de — 51° le 9 juin. Les altitudes de la base de la stratosphère ont varié de 11000 à 15000^m.

Ainsi la France, qui avait été la première à entreprendre (en 1927) les expériences qui devaient mener aux radiosondages, reste la première à avoir réalisé le fonctionnement régulier et quotidien de stations de radiosondage sur le Continent et sur l'Océan, et il est inutile d'insister davantage sur la portée scientifique des résultats déjà obtenus, et surtout de ceux que les campagnes du *Carimaré* permettront d'obtenir dans l'avenir.

M. **Elie Cartan** fait hommage à l'Académie de ses *Leçons sur la théorie des Spineurs. I. Les Spineurs de l'espace à trois dimensions. II. Les Spineurs de l'espace à* $n > 3$ *dimensions. Les Spineurs en géométrie riemannienne*, d'après des notes recueillies et rédigées par André Mercier.

M. **Jules Drach** adresse un rapport sur le *Ve Congrès international de Mécanique appliquée*, qui s'est tenu à Cambridge, Massachusetts, du 12 au 16 septembre 1938.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Royaume de Belgique. Ministère des Colonies. *Carte géologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi, à l'échelle du* 500000e. Feuilles *Lusambo* (n° 46) et *Tshikapa* (n° 52); *Légende générale* (*Algemeene Legende*) de la même Carte (troisième édition).

PESANTEUR. — *Mesure précise de l'accélération g de la chute des corps dans le vide*. Note de M. **Amédée Guillet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Par des essais variés, effectués à différentes époques depuis 1912 [1], je me suis assuré que l'un quelconque de nos grands établissements publics de métrologie, tous si bien pourvus en chercheurs et en instruments, pourrait aisément déterminer g à l'aide d'un tube de Newton. On atteindrait ainsi, et sans trop d'efforts, à la précision fournie par le pendule, encore d'un emploi exclusif. Il est d'ailleurs nécessaire qu'une grandeur de l'importance de g soit mesurée par des méthodes distinctes si l'on veut avoir la certitude d'en posséder la valeur avec une approximation connue.

En partant de la loi de chute $2h = gt^2$, on a, pour l'indécision relative sur g,

$$\frac{(dg)}{g} = \frac{(dh)}{h} + 2\frac{(dt)}{t},$$

(dh) et (dt) étant les indécisions que comportent les techniques employées pour la mesure de h et de t.

En un lieu où g serait égal à 980,96 et aux chutes

$h =$ 100 122,62 200 245,26 275,895 300 367,86 490,48 cm

(1) *Société française de Physique*, avril 1914; voir *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 1310.

correspondraient les durées de parcours

$$t = 0,4515 \quad 0,5 \quad 0,63846 \quad 0,707 \quad 0,75 \quad 0,781718 \quad 0,8655 \quad 1 \text{ sec.}$$

On voit que, pour une indécision totale de visée de 12^{μ} et $h = 122,62$ cm, l'erreur relative correspondante sur g différerait peu de $1/100\,000$; pour $h = 245,26$, $(dg)/g$ serait seulement de l'ordre de $1/200\,000$.

Dans mes essais, le mobile S, toujours de forme sphérique, était d'abord fixé à l'aide d'un doigt tiré par un petit ressort, qui, prenant contact sur le mobile S, l'appuyait légèrement contre des pointes mousses très courtes portées par les faces d'une équerre rigide, ou encore contre les faces d'un trièdre tri-rectangle solidaire de l'appareil. Un électro permettait d'attirer le doigt de façon à l'écarter de S qui tombait alors et signalait son arrivée sur un plan disposé à la partie inférieure du tube et que maintenaient en contact avec ses appuis deux ressorts successivement actionnés : le premier, très délicat, et le second, plus dur, chargé d'absorber l'énergie cinétique de S. On conçoit aisément comment on peut enregistrer tout à la fois le départ et l'arrivée de S, ainsi que les battements d'un pendule réglé sur l'heure de l'Observatoire.

On a d'abord mesuré h par un comparateur à réticule micrométrique et règle étalon adjointe, l'armature qui porte toutes les pièces de l'appareil étant hors du tube; puis, à travers des regards ménagés à cet effet, l'armature étant en place dans le tube; on lisait de même à travers des regards appropriés le thermomètre et le baromètre tronqué enfermés dans le tube.

Pour répéter l'expérience de chute sans avoir à ouvrir le tube (et par suite à refaire le vide), celui-ci était porté en son milieu par une suspension à la cardan permettant de le retourner bout pour bout à volonté. Dans un tel retournement, consécutif à une chute, le doigt étant dégagé par attraction de l'électro, un entonnoir récepteur guide la sphère S à l'endroit précis qu'elle doit occuper et où elle est immobilisée dès que l'on coupe le courant de l'électro. Par un nouveau retournement et la mise en verticale du tube, on rétablit les conditions initiales.

Dans d'autres essais, on a relevé par voie photographique les positions extrêmes de S, d'où l'on déduit h, ainsi que des positions réparties le long de la verticale et répondant à une loi de succession voulue (procédé des trois stations), et cela par rapport à une règle finement divisée le long et près de laquelle tombe S.

Bornons-nous à indiquer que l'appareil photographique tombe aussi du même mouvement que S de façon à éviter tout effet de collimation; il est

guidé par deux gros fils à plomb tendus par des poids qui plongent dans un liquide très visqueux que contiennent deux vases fixes.

Les étincelles condensées ou luminescentes qui illuminent les régions photographiées se produisent au moment où un bras électrode mobile b, emporté par l'appareil photographique, passe en regard de chacun des bras fixes b' solidaires d'une tige métallique verticale formant le second pôle, à bras multiples, de cet éclateur composé. Un verre dépoli convenable fixé aussi à b, s'interpose, en passant, entre l'étincelle et le système : micromètre, S ; on prend les images sur un châssis à mouvement transversal, afin d'éviter toute superposition.

L'erreur de $(dt)/t$ attachée à la mesure du temps ([2]), est évaluée en pointant sur un axe OX, tracé sur une large plaque ou film, par un spot se mouvant suivant la loi

$$x = a \sin \omega t,$$

d'où

$$(dt) = \frac{dx}{a\omega} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}}},$$

soit au passage en O, $x = 0$,

$$2 \frac{(dt)_0}{t} = 2 \frac{(dx)}{a 2\pi} \frac{T}{t},$$

d'où pour 1/200 000 une indécision possible de pointé de l'ordre de 90^{μ} sur O pour $a = 10^{cm}$, $10T = 1$.

Des rappels d'images par réflexion totale permettent de simplifier cette technique dont il est impossible d'aborder ici les nombreuses variantes. Il en est de même pour les problèmes auxiliaires qu'elle pose.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Augmentation de la viscosité dans une huile minérale reposée.* Note ([1]) de M. **André Marcelin**, présentée par M. Jean Perrin.

Des expériences récentes ([2]) ont démontré, dans le cas d'une huile de graissage, qu'il se forme sur les surfaces métalliques baignées par cette

([2]) Voir *Comptes rendus,* **172,** 1921, p. 314.

([1]) Séance du 20 juin 1938.

([2]) Trillat et Leprince-Ringuet, *Comptes rendus,* **196,** 1933, p. 1214 ; Trillat et Vaille, *ibid.,* **202,** 1936, p. 2134.

huile, une couche de molécules actives, certainement polarisées, dont l'épaisseur moyenne correspond à la superposition d'une vingtaine de lits moléculaires. Je me suis proposé de mettre en évidence l'action que doit exercer la présence d'une telle couche sur le mouvement relatif de deux pièces métalliques, en l'espèce, une bille et un plan.

L'appareil que j'ai fait construire à cet effet est, en quelque sorte, un *water-chute*. Une bille d'acier de 15^{mm} de diamètre environ, placée en haut d'une pente fortement inclinée, de 20^{cm} de longueur, est abandonnée à elle-même par le jeu d'une butée à bascule, avec une vitesse initiale nulle; elle roule dans une rainure, prend de la vitesse, et vient en contact, au bas de la rampe, avec un petit auget de 20^{cm} de longueur et de 2^{cm} de largeur, dont le fond plat et horizontal est recouvert d'une couche d'huile peu épaisse comparativement aux dimensions de la bille, soit moins de 1^{mm}. L'huile freine la marche de la bille et finalement l'arrête. Lorsque l'huile est très fluide, la bille roule dans l'auget suivant toute sa longueur; elle s'arrête, au contraire, lorsque l'huile est plus visqueuse, après quelques centimètres de parcours. La longueur parcourue par la bille dans l'auget peut servir de mesure à la viscosité de l'huile, qui se trouve ainsi exprimée en centimètres de parcours.

Des observations nombreuses m'ont démontré que la viscosité, mesurée de la façon que je viens d'indiquer, n'a pas la même valeur lorsque la couche vient d'être nouvellement formée avec un liquide qui s'est trouvé brassé par le transvasement, ou lorsque cette même couche est formée depuis plusieurs heures.

Le parcours de la bille, dans une couche neuve formée par de l'huile brassée, a une valeur bien déterminée. Le parcours de la bille dans l'huile au repos tend, après une attente suffisamment longue, soit quelques heures, vers une limite, également bien déterminée, et les deux parcours correspondant à l'huile brassée et à l'huile reposée, peuvent différer l'un par rapport à l'autre, de 25 pour 100.

Pour préciser, dans le cas de mes expériences, l'auget était rempli avec $3^{cm^3},5$ d'huile minérale de viscosité moyenne. Le parcours de la bille dans l'auget était de 10^{cm} quelques minutes après la formation de la couche. Il tombait à 7,5 après six heures de repos et conservait cette même valeur après plusieurs jours de repos.

Ces observations concordent avec celles de Couette ([3]) sur l'écoule-

([3]) *Ann. de Chimie et de Physique*, 9e série, 21, 1890, p. 489.

ment des liquides visqueux dans des tubes capillaires, observations que M. Woog [1] cite en faveur de l'hypothèse de l'adsorption de molécules polaires sur les parois des capillaires. Il est surprenant cependant que la couche des molécules adsorbées sur le métal, dont l'épaisseur moyenne est certainement très faible, soit de nature à produire un effet aussi marqué; de nouvelles observations m'ont apporté sur ce sujet des éclaircissements :

En faisant rouler la bille plusieurs fois de suite, de deux en deux minutes, dans la couche reposée, j'ai été surpris de constater que la bille allait de plus en plus loin, et que son parcours dans l'auget, partant de 7,5, atteignait finalement 10^{cm} après une vingtaine de passages, mais ne dépassait pas cette longueur. J'interprète cette expérience en comparant la bille à un ballon de foot-ball qu'on ferait rouler dans un champ de blé, et qui, plusieurs fois de suite, repasserait exactement dans le même sillon; les épis s'opposeraient à l'avancement du ballon, puis se coucheraient sur son passage, puis finalement le laisseraient suivre son chemin aussi facilement qu'en champ libre

Dans le cas de la couche d'huile, des épis de molécules polarisées se dresseraient sur le fond métallique de l'auget; ils mettraient plusieurs heures à pousser, mais ils seraient très fragiles, et il suffirait de plusieurs passages de la bille pour les coucher.

D'un point de vue pratique, et en dehors de toute hypothèse, il paraît indispensable, lorsqu'on détermine une viscosité, de préciser si elle se rapporte à un liquide récemment brassé, ou au contraire à un liquide qui aurait séjourné, au repos, dans l'appareil de mesure, pendant plusieurs minutes ou pendant plusieurs heures.

PHYSIQUE. — *Micromètre pneumatique différentiel.*

Note de M. **Gustave Ribaud**, présentée par M. Aimé Cotton.

Pour le contrôle des diamètres d'orifices d'écoulement et pour certaines mesures connexes, on a proposé récemment le *micromètre pneumatique*, dans lequel deux orifices sont mis en série sur le même conduit d'écoulement; la pression amont étant réglée à une valeur constante et l'orifice amont maintenu invariable, la mesure de la chute de pression à travers l'orifice aval permet de fixer la valeur du diamètre de ce dernier orifice.

(1) *Contribution à l'étude du graissage,* Paris, 1926.

L'appareil peut être aisément transformé en micromètre et utilisé au contrôle des épaisseurs en disposant la pièce à contrôler à une faible distance en avant de l'orifice de sortie; un faible déplacement de la pièce ou une légère modification de son épaisseur se traduisent par une variation de la pression mesurée.

L'instrument, ainsi conçu, ne permet pas d'atteindre toute la précision que la méthode est susceptible de fournir en raison de la nécessité de mesurer une pression en valeur absolue.

On accroît très notablement cette précision en réalisant un appareil différentiel dont le principe est le suivant. Le fluide qui s'écoule peut emprunter deux circuits comportant chacun deux orifices en série; si les deux orifices amont sont identiques, un manomètre différentiel branché sur les sorties de ces deux orifices restera au zéro à la condition que les deux orifices aval soient eux-mêmes identiques. Toute différence, même faible, entre ces deux orifices entraînera un déséquilibre du manomètre.

L'appareil différentiel ainsi réalisé permet une très grande sensibilité puisque le manomètre différentiel peut être rendu aussi sensible qu'on le désire; d'autre part, la connaissance exacte de la pression d'alimentation n'est pas nécessaire; elle n'influe que sur la sensibilité de la mesure.

Une telle disposition se prête à un contrôle rapide et précis des diamètres d'orifices d'écoulement; elle peut servir également avec succès au contrôle pneumatique des épaisseurs ou à la mesure de très faibles déplacements. Si l'on place deux pièces planes à une même distance des deux orifices de sortie, le manomètre reste au zéro; un faible déplacement de l'une des deux pièces suffit à produire un déplacement de l'index du manomètre différentiel. Il est possible, en utilisant un manomètre à eau à tube incliné comme appareil de zéro, de déceler ainsi des déplacements nettement inférieurs au dixième de micron. La même disposition peut servir au contrôle des différences d'épaisseur d'une pièce en ses divers points.

On remarquera que le montage précédent procède d'un principe tout à fait analogue à celui du pont de Wheatstone en électricité. On peut en étendre l'application à des mesures comparatives de volumes, grandeurs qui jouent ici le rôle d'une capacité en électricité; à cet effet, les deux orifices de sortie sont remplacés par les deux volumes à comparer et l'on crée dans le conduit d'entrée une surpression alternative que l'on obtient, par exemple, avec un piston entraîné par un excentrique.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *La structure de la molécule* PCl^5 *par diffraction des électrons*. Note [1] de M. **Marcel Rouault**, transmise par M. Jean Perrin.

J'ai indiqué [2] comment la méthode de diffraction des électrons par un jet gazeux m'a permis d'obtenir la structure stéréochimique de la molécule de tétrabromure de germanium $GeBr^4$.

Le même dispositif expérimental m'a fourni un jet de pentachlorure de phosphore gazeux. Le four était à une température voisine de 100° où la vapeur saturante de PCl^5 n'est pas dissociée; les électrons diffractés par ce jet donnaient des anneaux très nets avec un courant électronique de 0,5 mA sous 50 kV et un temps de pose variant de $^1/_{25}$ à 1 sec.

J'ai comparé la répartition de l'intensité des électrons diffractés en fonction de l'angle de diffraction avec la répartition théorique calculée pour divers modèles géométriques possibles de la molécule.

L'intensité diffractée par un gaz dont chaque molécule est composée de n atomes numérotés 1, 2, ..., i, ..., j, ..., n est donnée par la formule

$$I = \sum_i \sum_j f_i f_j \frac{\sin 4\pi l_{ij} s}{4\pi l_{ij} s},$$

s est lié à l'angle de diffraction θ et à la longueur d'ordre λ des électrons par la relation

$$s = \frac{\sin \frac{\theta}{2}}{\lambda},$$

l_{ij} est la distance des atomes numérotés i et j dans la molécule; f_i et f_j, facteurs de diffusion des atomes i et j pour les électrons, sont des fonctions connues de s.

La fonction I est en général une fonction toujours rapidement décroissante de s, ne présentant aucun maximum ni minimum; les photographies et l'écran fluorescent ne montrent que des maxima et minima apparents et il est dificile de comparer directement une courbe théorique et une courbe expérimentale de répartition d'intensité.

---

[1] Séance du 3 octobre 1938.

[2] *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 51.

Dans le cas de PCl^5 apparaissent les fonctions $f_P^2 f_{Cl}^2$ et $f_P f_{Cl}$. J'ai remarqué que les fonctions $s^3 f_P^2$, $s^3 f_{Cl}^2$ et $s^3 f_P f_{Cl}$ varient peu avec s, au moins dans un certain domaine; la fonction $s^3 I(s)$ est alors voisine d'une somme de fonctions $k_{ij}(\sin 4\pi l_{ij} s/4\pi l_{ij} s)$ où les k_{ij} sont des constantes et présente une suite d'oscillations et il suffit de comparer les abscisses expérimentales et théoriques de chaque maximum ou minimum. De plus $s^3 f_P^2$, $s^3 f_{Cl}^2$ et $s^3 f_P f_{Cl}$ sont à peu près proportionnelles à Z_P^2, Z_{Cl}^2, $Z_P Z_{Cl}$ où $Z_P = 15$ et $Z_{Cl} = 17$ sont les numéros atomiques du phosphore et du chlore; on pourra calculer la courbe $s^3 I(s)$ théorique correspondant à un modèle donné en calculant la courbe

$$\sum_i \sum_j Z_i Z_j \frac{\sin 4\pi l_{ij} s}{4\pi l_{ij} s}$$

et multipliant l'ordonnée de chaque point par $(s^3 f_P^2 + 5 s^3 f_{Cl}^2 / Z_P^2 + 5 Z_{Cl}^2)$, c'est-à-dire que l'on peut appliquer la méthode du microphotomètre (3) entièrement objective et à l'abri de toute critique théorique en simplifiant beaucoup le calcul des courbes expérimentales et les ramenant à ce qu'ils sont dans la méthode visuelle de Wierl que j'ai rappelée dans ma Note précédente (2).

J'ai supposé pour la molécule PCl^5 à l'état gazeux la forme d'une bipyramide trigonale, proposée par Moureu, Magat et Wetroff (4) pour la molécule du liquide : l'atome P est au centre de cet édifice et les atomes Cl aux cinq sommets. Soient l_1 la distance de l'atome P à chacun des atomes Cl de la base et l_2 sa distance à chacun des deux autres atomes Cl; j'ai calculé les courbes théoriques de diffraction des électrons pour les valeurs suivantes du rapport l_2/l_1 :

1, 1,05, 1,1, 1,15, 1,2, 1,25.

Les maxima et minima successifs de la courbe expérimentale $s^3 I(s)$ ont les valeurs moyennes suivantes pour six photographies étudiées :

2e max.	3e min.	3e max.	4e min.	4e max.
0,326	0,424	0,516	0,620	0,721

Les rapports de ces valeurs à la première et la forme de la courbe $s^3 I(s)$ conduisent à admettre pour l_2/l_1 un nombre compris entre 1,05 et 1,1; nous choisirons 1,07. En comparant avec les valeurs théoriques obtenues

(3) L. O. Brockway, *Rev. Mod. Phys.*, 8, 1936, p. 254.
(4) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 545.

pour $l_1 = 2{,}00$ Å, on trouve

$$l_1 = 2{,}10 \text{ Å}, \qquad l_2 = 2{,}25 \text{ Å}.$$

La distance minima des deux atomes de Cl est alors $\sqrt{l_1^2 + l_2^2} = 3{,}08$ Å.

Elle est égale, aux erreurs d'expérience près, à la distance de deux atomes Cl dans le modèle admis par Pauling et Brockway pour la molécule PCl^3 (5).

ÉLECTROCHIMIE. — *Étude des phénomènes électriques qui accompagnent la formation des composés organométalliques du calcium et de l'aluminium.* Note de M. **Pierre Brun**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons étudié (1) les phénomènes électriques qui accompagnent la formation des organomagnésiens et des alcoolats métalliques, ces derniers composés pouvant être considérés comme intermédiaires entre les sels d'acides organiques et les organométalliques vrais. Pour confirmer ces observations, nous avons voulu effectuer les mêmes mesures sur d'autres organométalliques. La difficulté que nous avons rencontrée est que la plupart de ces composés peuvent être préparés seulement par voie indirecte. Nous nous sommes donc limité au calcium et à l'aluminium, métaux qui, ainsi que le magnésium, donnent des combinaisons organométalliques par dissolution directe dans un éther halogéné.

Les auteurs qui ont déjà étudié ces dérivés (2) ont admis toutefois que le calcium et l'aluminium, à froid, ne réagissent guère sur les bromures mais seulement sur les iodures alcooliques, à la différence du magnésium qui, lui, réagit sur tous les éthers halogénés. Au moyen de la technique qui nous a servi pour l'étude des dérivés de Grignard, nous avons vérifié, en effet, qu'en plongeant une lame de calcium et une de platine dans une solution d'éther halogéné dans l'éther absolu, nous avons des phénomènes électriques presque négligeables avec les bromures, alors qu'avec les iodures nous constatons l'apparition d'un courant et d'une différence de potentiel notables. Dans les mêmes conditions l'aluminium réagit plus lentement encore : avec

(5) Linus Pauling et L. O. Brockway, *J. Am. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 2692.

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 315.

(2) Beckmann, *Ber. d. chem. Ges.*, 38, 1905, p. 904; Cahours, *Ann. Chim. Phys.*, 58, 1860, p. 20; Faillebin, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 112.

les iodures alcooliques simples il se produit une attaque superficielle qui s'arrête vite et l'on n'observe de phénomènes notables qu'en présence d'iodure de méthylène.

Si nous comparons les vitesses de réaction de ces trois métaux vis-à-vis d'un même composé, l'iodobenzène, par exemple, nous constatons qu'une solution, à la concentration d'une molécule par litre d'éther absolu, donne avec une électrode de magnésium des courants de l'ordre de $1,6 \times 10^{-6}$ A, alors que ces courants ne dépassent pas 10^{-7} A avec une électrode de calcium et sont encore inférieurs à cette valeur avec une électrode d'aluminium.

Nous pouvons rapprocher cette variation décroissante des propriétés réactionnelles de ces trois métaux, de la variation dans le même ordre des valeurs de leurs potentiels d'ionisation. A. Noyes et A. O. Beckmann ([3]) donnent en effet les nombres suivants pour les potentiels d'ionisation de ces trois métaux, c'est-à-dire pour les énergies nécessaires à l'arrachement d'un électron de valence : pour le magnésium 0,56, pour le calcium 0,45, et pour l'aluminium 0,44, l'unité représentant l'énergie nécessaire pour ioniser l'atome d'hydrogène, c'est-à-dire 13,54 volts ou 312,368 calories par atome-gramme.

En conclusion, nous voyons une fois de plus que la formation des organométalliques se manifeste par l'apparition d'ions dans la solution, l'intensité du courant correspondant, c'est-à-dire le nombre des charges transportées par ces ions allant en diminuant avec l'énergie des liaisons intraatomiques des métaux correspondants.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur les réactions d'oxydation au pôle positif dans l'électrolyse par étincelle.* Note de M. **Pierre de Beco**, présentée par M. Paul Lebeau.

Divers auteurs ([1]) ont étudié les réactions très particulières d'oxydation et de réduction données au pôle positif par électrolyse par étincelle.

([3]) *Proc. Nat. Ac. Sc.*, **13**, 1927, p. 737; *Chem. Rev.*, 5, 1928, p. 85.

([1]) Gurkin, *Wied. Ann.*, 32, 1887, p. 114; Makovetsky, *Z. Elektrochemie*, **17**, 1911, p. 217; Braunbek, *Z. Physik*, **91**, 1934, p. 184; Klemenc et Haber, *Z. Elektrochemie*, **20**, 1914, p. 485; Klemenc et Hohn, *Z. Phys. Chem.*, A, **154**, 1931 p. 385, et A, **165**, 1933, p. 343; Klemenc et Kantor, *ibid.*, B, **27**, 1933, p. 359; Klemenc et Eder, *ibid.*, A, **179**, 1937, p. 1.

Nous avons étudié systématiquement, pour des solutions aqueuses de sels métalliques, l'influence des anions, du pH et de l'atmosphère gazeuse en contact avec la solution sur le rendement des produits d'oxydation formés au pôle positif.

Nous avons dosé l'eau oxygénée directement au permanganate et déterminé l'oxydation totale par l'emploi d'un réducteur approprié et dosage en retour au permanganate.

Nous avons déjà décrit ([2]) l'appareillage adopté. Pour rendre les essais comparables nous arrêtions les électrolyses après passage du même nombre de coulombs, l'intensité étant toujours maintenue à 40 mA et la température de la solution ne dépassant pas 10°. Les essais s'effectuaient dans des atmosphères soit d'oxygène soit d'hydrogène.

Nous conservons ici la définition faradique du rendement, c'est-à-dire le rapport entre la quantité de courant ayant traversé l'électrolyte exprimée en faradays et la quantité de produits d'oxydation recueillie exprimée en équivalents-grammes.

Voici les résultats obtenus :

Nature du sel.	Molarité.	pH au début de l'électrolyse.	Atmosphère en contact.	Rendement en H_2O_2.	Rendement en O_2 total.
				%	%
SO_4Na_2	N/10	7	H_2	140	140
			O_2	210	210
NO_3K	N/10	7	H_2	140	140
			O_2	210	210
PO_4H_2K	N/10	4,8	O_2	220	220
CH_3CO_2Na ...	N/10	8	H_2	>120	>120
			O_2	>220	>220
ClNa	N/10	7	H_2	80	80
			O_2	90	90
PO_4HK_2	3N	9	O_2	125	125
$B_4O_7Na_2$	N/10	9,5	O_2	95	95
$(OH)_2Ba$	N/10	13	O_2	10	10

Ces résultats montrent que, dans tous les cas d'électrolyse par étincelle des solutions de sels métalliques, il n'y a pas formation de peroxyde, mais d'eau oxygénée.

D'autre part, au point de vue du rendement en eau oxygénée, on peut distinguer trois catégories de sels :

1° Sulfates, nitrates, acétates, phosphates monobasiques : ces sels

([2]) Jolibois et de Beco, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1496.

donnent, dans les conditions de nos expériences, un rendement en eau oxygénée de l'ordre de 210 pour 100 dans l'oxygène et de 140 pour 100 dans l'hydrogène. Les anions de ces sels n'ont donc pas d'influence sur le rendement. Klemenc et Kantor ([3]) ont montré de même que dans l'électrolyse des sulfates les cathions en dehors du cathion H^+ (acidité) n'influençaient pas le rendement.

2° Chlorures alcalins conduisant à un rendement beaucoup plus faible en eau oxygénée. Ceci est dû à l'instabilité de l'eau oxygénée en présence d'acides halogénés.

3° Sels dont la solution garde un pH supérieur à 7 : le rendement de ces derniers en eau oxygénée est d'autant plus faible que le pH est plus élevé. En particulier, alors que la baryte fournit normalement avec l'eau oxygénée des composés peroxydés stables, ici, au contraire, l'oxydation est presque nulle.

On voit donc que dans l'électrolyse par étincelle des solutions aqueuses de sels métalliques, d'une part il n'y a pas formation de peroxyde, mais d'eau oxygénée, et d'autre part le pH de la solution influe fortement sur le rendement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude comparée de la couleur visible et ultraviolette des oxydes minéraux et de leurs hydroxydes et hydrates.* Note ([1]) de M. **Alain Berton**, transmise par M. Georges Urbain.

Quelques auteurs ([2]) ont observé que, sous l'influence de l'eau d'hydratation ou de l'eau de constitution, les bandes visibles et ultraviolettes d'absorption de sels minéraux, à l'état solide, se trouvent déplacées vers les grandes fréquences. Ce phénomène semble général. Nous l'avons vérifié pour de nombreux sels. Il s'observe aussi pour les composés que forment avec l'eau les oxydes minéraux. Cela nous a permis incidemment de préciser l'existence et la constitution d'hydroxydes et d'hydrates d'oxydes minéraux assez mal définis. Remarquons d'ailleurs ici que les

---

([3]) *Z. Phys. Chem.*, B, 27, 1935, p. 368.

([1]) Séance du 5 septembre 1938.

([2]) Notamment G. Urbain et Sénéchal, *Introduction à la Chimie des Complexes*, Paris, 1913; Ley, *Z. anorg. allgem. Chem.*, **173**, 1928, p. 287; Datta, *Phil. Mag.*, **20**, 1935, p. 1121.

hydroxydes sont moins absorbants dans le visible que leurs oxydes; ils présentent une couleur plus *claire* que ceux-ci; ils sont même généralement blancs.

L'examen des bandes d'absorption a été faite au moyen des spectres d'absorption par réflexion ([3]).

Les valeurs en angströms données dans le tableau suivant correspondent aux limites, du côté des plus grandes longueurs d'onde, des bandes continues d'absorption dans l'ultraviolet.

Oxydes.	Couleur visible et ultraviolette.	Hydroxydes et hydrates d'oxydes.	Couleur visible et ultraviolette.
B^2O^3	blanc; 2500 Å	**BO^3H^3**	blanc; au delà de 2400 Å
Na^2O^2	blanc jaunâtre; 4000 Å	**$Na^2O^22H^2O$**	blanc; 3500 Å
		$Na^2O^28H^2O$	blanc; 3550 Å
Cr^2O^3	vert noir; absorbe tout U-V	**$Cr^2O^32H^2O$** vert Guignet	vert émeraude; 3625 Å et minim. d'abs. à 3725 Å; limite de la bande abs. visible, du côté des courtes λ : 3980 Å
		$Cr^2O^3nH^2O$	vert; 2900 Å et minim. d'abs. à 3475 Å; limite de la bande abs. visible, du côté des courtes λ : 3650 Å. L'allure générale du spectre se rapproche de celle des spectres de sels de chromihexahydrine, indiquant comme très plausible la formule : $[Cr(H_2O)_6](OH)_3$
CoO	noir; absorbe tout U-V	**$Co(OH)^2$**	rose; 2950 Å
NiO	vert noir; absorbe tout U-V	**$Ni(OH)^2$**	vert pomme; 2600 Å
CuO	noir; absorbe tout U-V	**$Cu(OH)^2$**	bleu; 3950 Å
CdO	brun; absorbe tout U-V	**$Cd(OH)^2$**	blanc; 2980 Å
ZnO	blanc; 3825 Å	**$Zn(OH)^2$**	blanc; au delà de 2500 Å
TiO^2 rutile	blanc; 3970 Å	**(TiO^2H^2O)** acide métatitanique	blanc; l'action de l'eau à 15° ou à l'ébullition sur $TiCl^4$ ne conduit qu'à des substances présentant le spectre de $TiO^2_{(rutile)}$
		$TiO^22H^2O)$ acide orthotitanique	blanc; le précipité obtenu par action d'un alcali sur $TiCl^4$ en solution aq. donne par contre un spectre différent de celui de TiO^2. La limite de la bande continue d'abs. est 3500 Å

([3]) M. Billy et A. Berton, *Comptes rendus*, 206, 1928, p. 1631 et 1958.

Oxydes.	Couleur visible et ultraviolette.	Hydroxydes et hydrates d'oxydes.	Couleur visible et ultraviolette.
O^2 .... (...itérite)	blanc; 3320 Å	(Acide α-stannique)...	blanc; $SnCl^4$ en sol. aq.+AmOH; fraîchement précipité (gel), 2900 Å; après 1 heure, filtré et lavé, 2900 Å; après 5 heures, 3320 Å; soit la limite correspondant à SnO^2 (*)
		(Acide β-stannique ou ac. pentastannique)...	blanc; NO^3H conc. et chaud+Sn, 3320 Å; soit la limite correspondant à SnO^2
$^2O^3$	blanc; valentinite 3725 Å blanc; sénarmontite 3000 Å	**($Sb^2O^3nH^2O$)**	blanc; sol. aq. de tartrate double de Sb et K+HCl ou CO^3Na^2 ou NH^4OH à chaud, 3000; soit la limite de bande correspondant à Sb^2O^3 (sénarmontite)
$^2O^3$	bleu gris; 2925 Å	**$Nd(OH)^3$**	mauve; au delà de 2500 Å
ndes fines de **Nd.**	3650 Å et 3575 Å	Bandes fines de **Nd**...	3575 Å et 3500 Å
$^2O^3$	jaune pâle; 2620 Å	**$Sm(OH)^3$**	blanc jaunâtre; au delà de 2500 Å
ndes fines de **Sm.**	4075-3780-3650-3460	Bandes fines de **Sm**...	4070-3760-3620-3450
O	jaune; absorbe tout U-V	**$PbOPb(OH)^2$**	blanc; 3450 Å
$^2O^3$	jaune; 4360 Å	**$Bi(OH)^3$**	blanc; précip. par NaOH, 3900 Å

(*) La plus grande partie du produit se trouverait donc, 5 heures après sa préparation, sous forme de SnO^2 d'eau libres, ce qui est en accord avec les résultats obtenus au moyen des spectres de diffraction des ons X [4], des spectres d'interférence [5] et des mesures de susceptibilité magnétique [6].

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination de la densité des verres par la règle d'additivité.* Note de MM. **Paul Bary** et **Jean Herbert**, présentée par M. Georges Urbain.

On sait depuis longtemps que la règle d'additivité des volumes de tous les composants qui entrent dans un verre ne permet pas d'obtenir correctement le volume total du verre et qu'on ne peut en déduire la densité sans commettre des erreurs qui atteignent parfois 15 pour 100.

(4) Yamada, *J. Chem. Soc. Japan*, 44, 1923, p. 210; Posnjak, *J. Phys. Chem.*, 30, 1926, p. 1073; Forster, *Phys. Zeit.*, 28, 1927, p. 151.

(5) Gutbier, *Ber. d. chem. Ges.*, 59, 1926, p. 1232.

(6) Pascal, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1063.

D'autre part, les corps, tels que la silice, qui existent sous les deux états, cristallin et amorphe, ont des densités différentes suivant qu'elles sont prises sous l'un ou l'autre état. La silice à l'état de quartz a une densité de 2,65 et amorphe de 2,20.

Si l'on applique au calcul de la densité la valeur 2,65 (quartz), on obtient des densités de verre trop élevées, alors que si l'on utilise la valeur 2,20 (amorphe) on trouve des densités trop faibles.

En se basant sur l'hypothèse, émise autrefois par l'un de nous, que le verre doit être considéré comme une gelée formée de silicates alcalins dissous dans les polysilicates alcalino-terreux, on est conduit à la conclusion que la silice des verres se trouve sous deux formes distinctes : une partie cristalloïdale et l'autre vitreuse. Il convient donc d'appliquer à chacune d'elles la densité correspondante.

Pour vérifier l'exactitude de ce raisonnement, nous avons appliqué ce mode de calcul à quatre verres différents, qui ont été analysés et dont les densités ont été déterminées. Voici les résultats obtenus :

	Composition centésimale					Densité		Différence	
N°.	SiO^2.	Al^2O^3.	PbO.	CaO.	Na^2O.	mesurée (*m*).	calculée (*c*).	*m*—*c*.	°/₀.
I	73,7	–	–	14,8	11,5	2,485	2,484	+0,001	0,04
II	70,0	–	–	17,35	12,65	2,554	2,535	+0,019	0,7
III	74,5	1,35	–	6,70	17,45	2,461	2,435	+0,026	1,2
IV	68,65	0,98	1,72	7,47	20,36	2,530	2,540	–0,01	0,4

En calculant pour d'autres verres calco-sodiques de compositions connues, au nombre de douze, étudiés par Peedle (*Journ. Glass Techn.*, 1920, p. 23), appartenant aux séries 163 et 165 de cet auteur, nous avons trouvé entre les densités mesurées et celles calculées des différences comprises entre 0,4 pour 100 et 2 pour 100 et elles sont positives dans 11 des verres sur 12.

Il semble donc que le mode de calcul employé comporte une petite erreur systématique qui peut provenir de ce qu'il n'est pas tenu compte de la contraction toujours observée dans les dissolutions ordinaires comme dans le gonflement des gelées.

Dans le cas des verres magnésiens-sodiques, le calcul appliqué à 11 de ces verres donne la densité à 1 pour 100 près en moyenne. Douze autres verres calco-potassiques (167 et 168 de Peedle) ont donné des écarts moyens de 1,5 pour 100. Il en est de même de 3 verres au bore (sans silice) dont les densités calculées ont été trouvées en accord avec la mesure

à moins de 1 pour 100, ainsi que dans les verres silico-boratés industriels qui conduisent à des erreurs comprises entre 0,6 et 0,1 pour 100.

Les erreurs ainsi trouvées par le calcul peuvent être attribuées pour une part plus ou moins grande à celles provenant de l'analyse des verres, mais aussi au degré de recuisson que ces verres ont subi avant la mesure de densité. On sait que des erreurs de 0,2 à 0,6 pour 100 peuvent être observées de ce fait.

Les verres contenant une forte proportion d'alumine donnent, au contraire des exemples précédents, des écarts relativement considérables, quand on applique à l'alumine sa densité à l'état cristallisé qui est voisine de 4. Il faut pour retrouver des densités calculées correctes admettre que, dans les verres, sa densité est de 2,60. Cette valeur est celle que l'on peut déduire du volume qu'occupe l'alumine dans les feldspaths cristallisés. De cette observation, on peut conclure que l'alumine existe dans les verres à l'état d'alumino-silicate simple et n'intervient pas dans la partie colloïdale de ceux-ci.

Un Mémoire plus détaillé paraîtra prochainement dans un autre périodique.

L'intérêt que peuvent présenter ces résultats réside non seulement d'un calcul plus approché des densités, mais surtout de ce qu'il permet de juger le rôle rempli par chacun des oxydes rentrant dans la composition des verres en donnant ainsi des notions plus complètes sur leur structure.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination de la constante de sédimentation à l'aide d'ultracentrifugeuses sans système d'observation.* Note [1] de M. **Mladen Paić**, présentée par M. Georges Urbain.

Pour trouver la constante de sédimentation d'un corps, à l'aide de centrifugeuses sans système d'observation, il faut analyser la solution avant et après la centrifugation, pour fixer les concentrations correspondantes c_0 et c_T. Le rapport c_T/c_0 a pu être exprimé en fonction du temps de centrifugation T, de la vitesse angulaire ω, du rayon R de la centrifugeuse et de la hauteur h du liquide, pour deux modes de centrifugation différents. Ces deux modes se rapportent à l'absence ou à la présence de perturbations

---

[1] Séance du 3 octobre 1938.

pendant la centrifugation. La diffusion est supposée négligeable par rapport à la vitesse de sédimentation.

Pour le cas où la centrifugation se fait sans aucune perturbation (Svedberg et Rinde, 1924; Elford, 1936), on arrive à la formule

$$(1) \qquad \frac{c_T}{c_0} = 1 - \frac{R}{h}(1 - e^{-k\omega^2 T}),$$

tandis que l'expression

$$(2) \qquad \frac{c_T}{c_0} = e^{-\frac{R}{h}\omega^2 k T}$$

s'applique dans le cas, défini par Bechhold et Schlesinger (1931), où les perturbations sont suffisantes pour égaliser, au cours de la centrifugation, les différences de concentration, mais ne suffisent pas pour remettre en solution les particules ayant atteint le fond du tube de centrifugation. Dans ces formules, k est la constante de sédimentation que l'on rapporte d'habitude à la sédimentation dans l'eau à 20°C., suivant l'équation

$$s = \frac{dx}{dT}\,\frac{1}{\omega^2 x}\,\frac{\eta_m(1 - V\rho_0)}{\eta_0\,(1 - V\rho_m)} = k\,\frac{\eta_m(1 - V\rho_0)}{\eta_0\,(1 - V\rho_m)},$$

où x représente la distance entre la particule et l'axe de rotation, η_m et ρ_m respectivement la viscosité et la densité du milieu de sédimentation, η_0 et ρ_0 les valeurs correspondantes de l'eau à 20°C. et V le volume spécifique du corps que l'on centrifuge.

En introduisant dans cette expression la valeur de k, tirée de l'équation (1), on obtient, pour la centrifugation sans perturbations,

$$s = -\frac{\eta_m(1 - V\rho_0)}{\eta_0(1 - V\rho_m)}\,\frac{1}{\omega^2 T}\ln\left[1 - \frac{h}{R}\left(1 - \frac{c_T}{c_0}\right)\right].$$

Pour la centrifugation avec perturbations idéales on obtient, à l'aide de l'équation (2),

$$s = -\frac{\eta_m(1 - V\rho_0)}{\eta_0(1 - V\rho_m)}\,\frac{h}{\omega^2 RT}\ln\frac{c_T}{c_0}.$$

La détermination de la valeur *absolue* de s nécessite donc la connaissance du *mode* de centrifugation. Celui-ci est en général très mal défini. Cette incertitude peut être évitée par la détermination *relative* de la constante de sédimentation.

Soient s et s' les constantes de sédimentation de deux corps. Leur rapport

est alors, suivant le mode de centrifugation,

$$\frac{s}{s'} = \frac{T'\omega'^2 \log\left[1 - \frac{h}{R}\left(1 - \frac{c_T}{c_0}\right)\right]}{T\omega^2 \log\left[1 - \frac{h}{R}\left(1 - \frac{c'_T}{c'_0}\right)\right]}\varphi$$

ou

$$\frac{s}{s'} = \frac{T'\omega'^2 \log\frac{c_T}{c_0}}{T\omega^2 \log\frac{c'_T}{c'_0}}\varphi,$$

le facteur φ correspondant à l'expression

$$\varphi = \frac{(1 - V\rho_0)(1 - V'\rho_m)}{(1 - V\rho_m)(1 - V'\rho_0)}.$$

Pour les corps tels que les protéides, dont les volumes spécifiques V et V' sont très voisins, la valeur de φ s'approche de l'unité et peut être négligée.

En centrifugeant un mélange de deux corps pendant le temps T on obtient pour le rapport s/s' une formule pour chaque mode de centrifugation

$$\frac{s}{s'} = \frac{\log\left[1 - \frac{h}{R}\left(1 - \frac{c_T}{c_0}\right)\right]}{\log\left[1 - \frac{h}{R}\left(1 - \frac{c'_T}{c'_0}\right)\right]}\varphi$$

et

$$\frac{s}{s'} = \frac{\log\frac{c_T}{c_0}}{\log\frac{c'_T}{c'_0}}\varphi.$$

Par contre, en déterminant, pour une vitesse de rotation ω donnée, les temps de centrifugation T et T' pour lesquels c_T/c_0 est égal à c'_T/c'_0, on arrive à *une seule relation simple*

(3) $$\frac{s}{s'} = \frac{T'}{T}\varphi,$$

indépendante de tout mode de centrifugation.

Cette relation reste valable si une partie du dépôt passe dans le liquide surnageant au moment de l'arrêt de la centrifugeuse. Elle permet de déterminer la valeur absolue de s, si celle de s' est connue, sans que l'on connaisse la vitesse absolue de rotation, le rayon de la centrifugeuse, la forme et les dimensions des tubes ou coupelles utilisés pour la centrifugation.

Toutefois, dans le cas où la centrifugeuse n'atteint pas rapidement la vitesse voulue et ne peut pas être rapidement arrêtée, il faut apporter une correction au temps de centrifugation T et T'. Cette correction, le plus souvent négligeable, est toujours facile à calculer.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la solubilité de quelques sels d'argent peu solubles.* Note de M. **Charles Bedel**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons indiqué (¹) une méthode de détermination de la solubilité dans leur milieu de précipitation des électrolytes peu solubles : nous l'avions appliquée au cas du chlorure d'argent. Depuis nous avons étendu nos recherches au bromure et à l'iodure de ce métal.

La solubilité du bromure d'argent est du même ordre de grandeur que celle du chlorure. En faisant réagir de l'acide bromhydrique avec de l'hydrate d'argent on la trouve, en effet, égale à $3,57.10^{-4}$ gramme par litre. La présence de différents composés n'accroît que peu la solubilité, ainsi que le montrent les résultats ci-dessous :

Substances réagissantes (N/1000).	Produit soluble formé et quantités ajoutées (en g).	Solubilité de BrAg (en g/l).
$BrK + NO^3Ag$.......	NO^3K	$4,05.10^{-4}$
	$5,82.10^{-4}$	4,38
	252,25	4,70
$BrLi + NO^3Ag$.......	NO^3Li	3,92
	4,13	4,00
	102,75	4,18
$Br^2Ba + NO^3Ag$.......	$(NO^3)^2Ba$	3,96
	8,23	4,02
	216,03	4,19
$Br^2Mn + NO^3Ag$.......	$(NO^3)^2Mn$	3,89
	5,37	4,00
	134,25	4,17
$BrH + NO^3Ag$.......	NO^3H	3,89
	20,16	4,02
	80,48	4,15
$BrH + SO^4Ag^2$.......	SO^4H^2	3,86
	5,88	3,93
	45,08	4,05

(¹) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1651.

Toutefois les sels mercuriques augmentent sensiblement la solubilité et cela proportionnellement à la quantité de sel mercurique en présence.

Substances réagissantes (N/1000).	Produit soluble formé et quantités ajoutées (en g.).		Solubilité de BrAg (en g/l).
$Br^2Hg + NO^3Ag$....	$(NO^3)^2Hg$		$5,26.10^{-4}$
		$3,56.10^{-4}$	10,59
		7,12	20,62
		14,24	41,02
		42,72	121,68
$Br^2Hg + SO^4Ag^2$.....	SO^4Hg		4,02
		3,10	4,76
		6,20	7,20
		12,43	16,72
		24,86	15,82
		74,00	23,91

Ces résultats confirment l'existence de combinaisons entre le bromure d'argent et les sels mercuriques, comme cela avait déjà été admis antérieurement par Morse ([2]) dans le cas du bromure d'argent et de l'azotate mercurique.

La solubilité de l'iodure d'argent s'est révélée dix fois supérieure à celle indiquée par les divers auteurs qui l'ont déterminée à partir du sel préalablement précipité. La quantité d'iodure d'argent dissoute ne variant pas sensiblement, si l'on opère en présence d'un excès du composé soluble, qui se forme au cours de la réaction de double décomposition, on ne peut envisager la formation d'un complexe.

Substances réagissantes (N/1000).	Produit soluble formé et quantités ajoutées (en g).		Solubilité de IAg (en g/l).
IH + OHAg.........	OH^2		$3,46.10^{-5}$
IK + OHAg.........	OHK		3,36
		$0,16.10^{-4}$	3,80
		2,80	4,14
IH + SO^4Ag^2........	SO^4H^2		3,60
		0,36	3,75
		9,18	4,34
IH + NO^3Ag.........	NO^3H		3,52
		1,76	3,64
		11,81	4,34

([2]) *Ztschr. physik. Chem.*, 41, 1902, p. 709.

Substances réagissantes (N/1000).	Produit soluble formé et quantités ajoutées (en g.).	Solubilité de IAg (en g/l).
IK + NO^3Ag.........	NO^3K	$3,68.10^{-5}$
	$2,52.10^{-4}$	3,97
	25,25	5,87
ILi + NO^3Ag.........	NO^3Li	3,91
	0,52	4,14
	13,82	5,32
I^2Ba + NO^3Ag.........	$(NO^3)^2Ba$	3,60
	5,44	3,76
	26,10	3,83
I^2Mn + NO^3Ag.........	$(NO^3)^2Mn$	3,68
	0,71	3,91
	17,90	4,62

La variation de la solubilité des sels halogénés d'argent en fonction de la température est évaluée en étudiant l'action des acides chlorhydrique, bromhydrique ou iodhydrique sur l'hydrate d'argent en milieu aqueux.

Température.	Solubilité en gramme par litre de		
	Cl Ag.	Ba Ag.	I Ag.
20°..............	$4,4.10^{-4}$	$3,5.10^{-4}$	$3,4.10^{-5}$
40..............	5,4	6,6	6,0
60..............	8,5	11,2	9,4
80..............	13,4	18,4	13,7

En résumé, la méthode que nous avons employée permet de déterminer la solubilité des électrolytes peu solubles, qui se forment au cours de réactions de double décomposition et elle fournit, en outre, d'utiles indications sur la production de complexes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un phosphure de lithium.*

Note de M. **Claude Legoux**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'étude du système phosphore-lithium ne semble pas avoir été jusqu'ici l'objet de recherches d'ordre quantitatif.

Moissan ([1]) mentionne toutefois, sans proposer de formule, l'existence d'un phosphure qui serait obtenu par combustion du carbure C^2Li^2 dans la vapeur de phosphore. Accessoirement, dans une étude générale sur les

([1]) *Comptes rendus*, **122**, 1896, p. 362.

métaux ammoniums, il signale que le phosphore rouge réagit sur les solutions de lithium dans l'ammoniac liquide ([2]).

Les procédés de préparation décrits pour obtenir des phosphures alcalins définis, sont les suivants : action directe du phosphore sur le métal ([3]), action du phosphore rouge ([4]) ou de l'hydrogène phosphoré ([5]) sur les métaux en solution dans l'ammoniac liquide. C'est cette dernière méthode que nous appliquons au lithium.

Le métal que nous utilisons a une teneur en lithium comprise entre 97,1 et 98,7 pour 100. Il contient du sodium et du potassium. Nous avons décelé en outre des traces de fer, d'aluminium et de chlorures.

Le métal pesé est introduit dans un tube susceptible d'être refroidi à — 80° et dans lequel on fait le vide. On condense un volume connu de gaz ammoniac sec. En faisant barboter à saturation une quantité déterminée d'hydrogène phosphoré pur dans la liqueur bleue obtenue, celle-ci se décolore brusquement et devient limpide, conservant une teinte à peine jaunâtre. On laisse la température s'élever lentement à 0°, puis on tire à la trompe jusqu'à établissement d'une tension fixe correspondant à un début de décomposition du produit formé. Tous les gaz dégagés sont recueillis, leur volume est mesuré et leur analyse est faite en absorbant l'ammoniac par l'acide sulfurique dilué au dixième et l'hydrogène phosphoré par le chlorure cuivreux chlorhydrique. Le résidu gazeux non absorbable est constitué par de l'hydrogène.

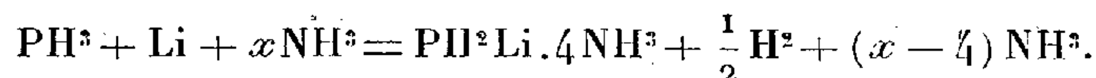
Dans les conditions que nous venons de préciser, un atome de lithium fixe une molécule d'hydrogène phosphoré et quatre molécules d'ammoniac. Une demi-molécule d'hydrogène a été dégagée.

Molécules....	H^2 dégagées.	PH^3 fixées.		NH^3 fixées.
		(*a*).	(*b*).	
Expér. Théorie.....	0,5.	1.	1.	4.
1..............	0,53	1,02	1,01	3,98
2..............	0,53	0,98	0,94	3,95
3..............	0,52	0,99	0,99	4,07
4..............	0,53	1,03	0,99	3,95

(*a*) Calculé par différence entre les gaz introduits et les gaz extraits.
(*b*) Dégagé par action de l'eau dans le vide.

([2]) Moissan, *Comptes rendus*, 127, 1898, p. 685.
([3]) Hackspill et Bossuet, *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 209.
([4]) Hugot, *Comptes rendus*, 121, 1895, p. 206; 126, 1898, p. 1719.
([5]) Joannis, *Comptes rendus*, 119, 1894, p. 558; *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, 7, 1906, p. 105.

Ces résultats peuvent être interprétés par l'équation



$$PH^3 + Li + xNH^3 = PH^2Li.4NH^3 + \frac{1}{2}H^2 + (x-4)NH^3.$$

Ce phosphure $PH^2Li.4NH^3$ se présente sous l'aspect d'une poudre blanche microcristalline. Un examen entre nicols croisés révèle une structure cubique.

L'action de l'eau peut être représentée par l'équation



$$PH^2Li.4NH^3 + OH^2 = PH^3 + OHLi + 4NH^3.$$

Elle se vérifie quantitativement lorsque l'on traite un poids donné de ce phosphure ammoniacal par l'eau privée d'air et sous vide.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Tritylation de l'α-l-sorbose.* Note de Mme **Yvonne Khouvine** et M. **François Valentin**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On emploie souvent pour étudier la structure des oses le chlorure de triphénylméthyle (chlorure de trityle) qui éthérifie de préférence les fonctions alcooliques primaires. Les éthers de trityle, après acétylation des groupes alcooliques secondaires, cristallisent facilement. Cela permet l'identification de dérivés qui n'auraient aucune tendance à cristalliser. En outre, comme le radical trityle se détache aisément, la fonction alcool primaire devient seule libre et peut, seule, être transformée.

Il nous a semblé utile de nous servir du chlorure de trityle dans l'étude de la structure de l'α-*l*-sorbose, pour obtenir des corps à fonctions alcooliques primaires libres, corps partiellement acétylés ou partiellement acétylés et acétonisés. Nous avons également cherché à séparer, dans un sirop de monoacétonesorboses furanique et pyranique, le furanose du pyranose et nous avons enfin tritylé le diacétonesorbofuranose.

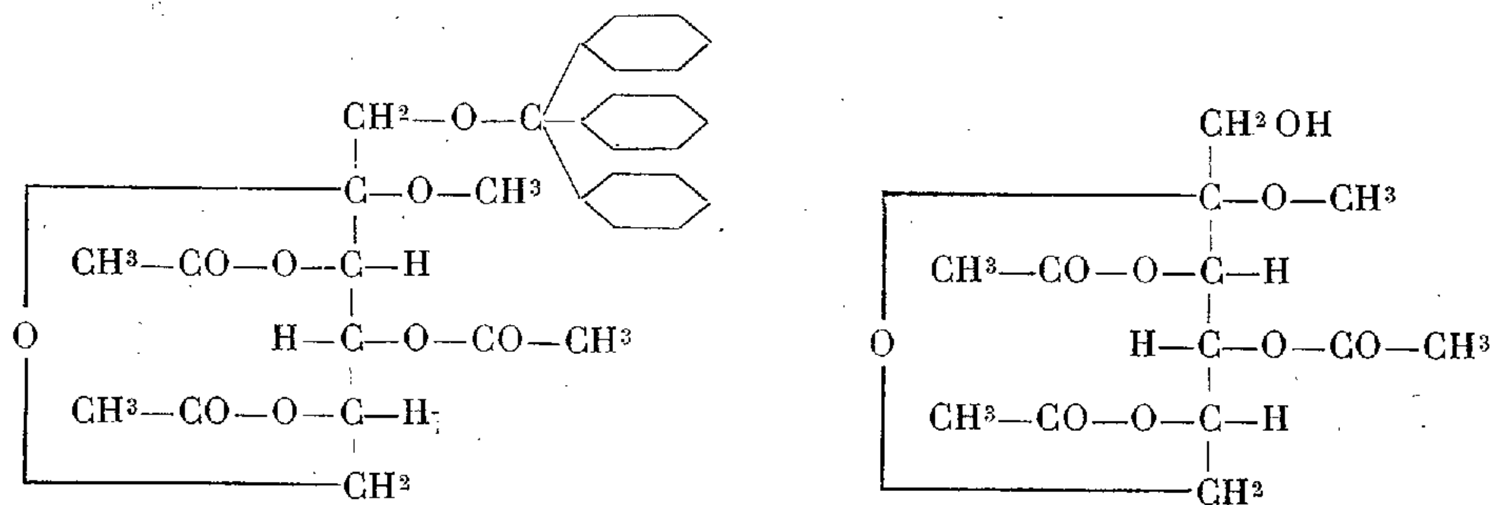
Nous avons tritylé, puis acétylé dans la pyridine sèche, suivant les méthodes générales, et nous avons détritylé par CH^3COOH saturé de HBr. Le détail de nos techniques sera publié dans un autre Mémoire et l'on ne trouvera ci-après que la liste des corps que nous avons préparés. Notons toutefois que, si à partir des mélanges sirupeux de monoacétonesorboses, on obtient effectivement la quantité prévue de monoacétonesorbopyranose, on n'obtient en revanche le monoacétonesorbofuranose qu'avec de très

mauvais rendements. Il semble que les sirops contiennent plusieurs formes de monoacétonesorbofuranoses :

1° Nous avons tritylé, puis acétylé l'α-*l*-méthylsorboside. Après recristallisation dans l'alcool absolu additionné d'un peu de benzène, nous avons obtenu, avec un rendement de 50 pour 100, le 1-trityl-3.4.5-triacétyl-α-*l*-méthylsorboside (I), soluble dans C^6H^6, $CHCl^3$ et dans l'éther, assez soluble dans l'alcool absolu, mais insoluble dans l'eau. P. F. au bloc Maquenne $+185°$; $[\alpha]^{20}_{578} + 76°8$ (C^6H^6, $c=2$, $l=4$) et $+56°2$ ($CHCl^3$, $c=1,33$, $l=4$).

Analyse. — $C^{32}H^{34}O^9$ (Mol. 562,27), calculé C % 68,29; H % 6,09; trouvé C % 67,8; H % 6,4.

2° Nous avons détritylé le 1-trityl-3.4.5-triacétyl-α-*l*-méthylsorboside. Après recristallisation dans un mélange (4/1) d'éther de pétrole et d'éther, nous avons obtenu, avec un rendement de 30 pour 100, le 3.4.5-triacétyl-α-*l*-méthylsorboside (II) soluble dans les solvants organiques usuels et dans l'eau. P. F. au bloc Maquenne $+81°$.



(I). 1-Trityl-3.4.5-triacétyl-α-*l*-méthylsorboside (II). 3.4.5-Triacétyl-α-*l*-méthylsorboside

$[\alpha]^{20}_{578} - 70°9$ (C^6H^6, $c=1,33$, $l=4$) et $-56°2$ (CH^3OH, $c=1,33$, $l=4$).

Analyse. — $C^{13}H^{20}O^9$ (Mol. 320,16), calculé C % 48,72; H % 6,29; trouvé C % 48,6; H % 6,3.

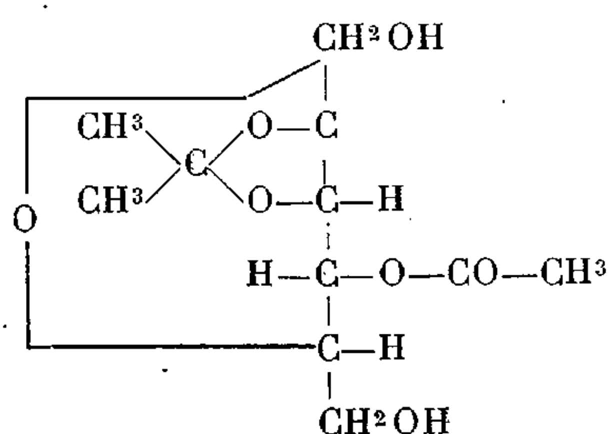
3° Nous avons tritylé puis acétylé le 2.3-monoacétone-4-acétyl-α-*l*-sorbofuranose déjà préparé par Ohle [1]. Après détritylation nous avons fait recristalliser, dans un mélange à parties égales d'éther de pétrole et d'acétate d'éthyle, le 2.3-monoacétone-4-acétyl-α-*l*-sorbofuranose (III) avec un rendement de 70 pour 100. Ce dérivé est soluble dans l'eau et dans la plupart des solvants organiques, sauf dans la ligroïne et l'éther de pétrole.

---

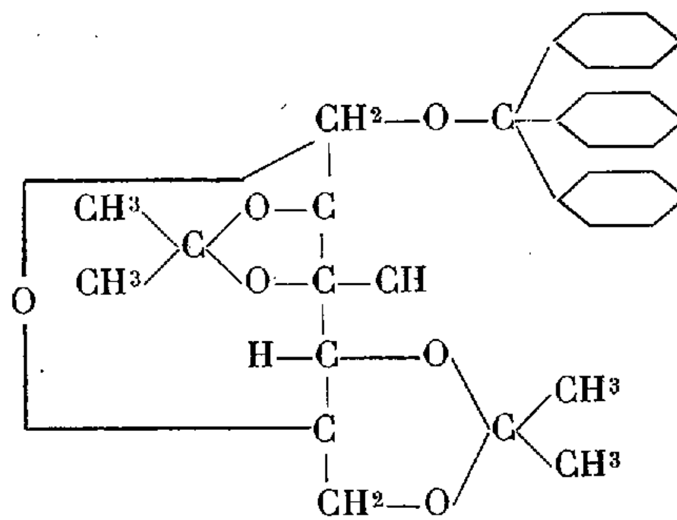
(1) *Ber. d. chem. Ges.*, 71, 1938, p. 568.

P. F. au bloc Maquenne + 100°. Dans l'eau, la mesure du pouvoir rotatoire reste dans les limites des erreurs expérimentales : α lu + 0°03, après 3 jours, d'où $[\alpha]_{578}^{20}$ + 0°56, mais, dans $CHCl^3$ $[\alpha]_{578}^{20}$ + 23°0 ($c = 1{,}33$, $l = 4$).

Il est étonnant de retrouver pour le 2.3-monoacétone-4-acétyl-α-*l*-sorbofuranose le pouvoir rotatoire observé par Ohle pour le 1.6-ditrityl-2.3-monoacétone-4-acétyl-α-*l*-sorbofuranose.



(III). 2.3-Monoacétone-4-acétyl-α-*l*-sorbofuranose.



(IV). 1-Trityl-2.3.4.6-diacétone-α-*l*-sorbofuranose.

Analyse. — $C^{11}H^{18}O^7$ (Mol. 262,14), calculé C % 50,35; H % 6,92; trouvé C % 50,5; H % 7,1.

4° Nous avons tritylé le 2.3.4-diacétone-α-*l*-sorbose. Après deux recristallisations dans la ligroïne, nous avons obtenu, avec un rendement de 70 pour 100, le 1-trityl-2.3.4.6-diacétone-α-*l*-sorbose (IV), soluble dans les solvants organiques habituels, insoluble dans l'eau. P. F. au bloc Maquenne + 182°; $[\alpha]_{578}^{20}$ — 29°6 ($CHCl^3$, $c = 1{,}33$, $l = 4$).

Analyse. — $C^{31}H^{34}O^6$ (Mol. 502,27), calculé C % 74,07; H % 6,82; trouvé C % 74,9; H % 6,9.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques hétérosides d'amines faiblement basiques.* Note de M. **Marcel Frèrejacque**, présentée par M. Richard Fosse.

Poursuivant l'étude des hétérosides d'amines, nous avons examiné s'il était possible d'obtenir les acétylhétérosides d'une amine faible, la *p*-nitraniline par exemple, par la méthode qui nous a servi pour préparer les acétylhétérosides de la *p*-toluidine [1]; cette méthode s'est avérée inapplicable : la *p*-nitraniline ne réagit pas sur les pentacétylglucoses dans les conditions où nous nous placions avec la *p*-toluidine.

(1) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1190.

Par contre, nous avons obtenu aisément les hétérosides de la *p*-nitraniline, par action directe de cette base sur les oses réducteurs, l'acide acétique étant encore utilisé ici comme agent de condensation.

Si par exemple on maintient pendant deux heures vers 60° une suspension de 3g de glucose dans une solution contenant 2g de *p*-nitraniline et 2g d'acide acétique dans 50g d'alcool méthylique, il se dépose par refroidissement une masse jaunâtre qui, après recristallisation dans l'alcool méthylique, donne de belles aiguilles d'un hydrate de glucosyl-*p*-nitraniline.

Ces condensations peuvent être faites à froid : si à une solution concentrée de mannose, on ajoute une solution de *p*-nitraniline dans de l'alcool méthylique contenant de l'acide acétique, il se précipite après quelques jours de la mannosyl-*p*-nitraniline avec un rendement pratiquement quantitatif si l'on opère à des concentrations convenables.

Les combinaisons de la *p*-nitraniline avec le glucose, le mannose, le galactose et le rhamnose sont des hétérosides vrais [2] de la série B, se présentant sous forme de cristaux d'un jaune plus ou moins vif suivant l'ose combiné et suivant l'hydratation des cristaux. Presque insolubles dans l'eau froide (sauf la glucosyl-*p*-nitraniline), elles sont très peu solubles dans l'alcool méthylique même à chaud (particulièrement la galactosyl-*p*-nitraniline). Par contre les hétérosides de l'*o*- et de la *m*-nitraniline sont beaucoup plus solubles. On remarquera l'énorme valeur du pouvoir rotatoire des dérivés para. Mentionnons que ni les solutions pyridiques, ni les solutions aqueuses de ces composés ne présentent le phénomène de la mutarotation ; d'autre part, bien que ces solutions absorbent beaucoup la lumière indigo, on observe facilement que leur pouvoir rotatoire pour la raie indigo est inférieur à leur pouvoir rotatoire pour la raie verte du mercure.

Acétylés à froid par l'anhydride acétique et la pyridine, ces hétérosides donnent des dérivés *tétracétylés* (triacétylés pour le rhamnose); par contre l'acétylation à 100° en présence de chlorure de zinc conduit parfois à des dérivés *pentacétylés* cristallisés. Tous ces dérivés, à l'encontre des hétérosides, ont un point de fusion net, sauf la tétracétylgalactosyl-*p*-nitraniline qui, cristallisant avec 2mol d'eau, fond peu nettement à partir de 70°.

Le tableau ci-après résume les constantes de corps nouveaux : les pouvoirs rotatoires relatés ont été mesurés dans la pyridine (hétérosides) ou dans le chloroforme (dérivés acétylés).

---

(2) Dans l'action du glucose sur la *p*-nitraniline, il se fait un second isomère dextrogyre dont nous ne pouvons actuellement affirmer la nature, α-hétéroside ou produit d'une transposition d'Amadori ?

	$[\alpha]_D^{20°}$.	P. F.	N pour 100 trouvé.	N pour 100 calculé.
β-glucosyl-*p*-nitraniline	−212°	env. 175°	9,26	9,33
β-mannosyl-*p*-nitraniline	−336	» 209	9,20	9,33
β-galactosyl-*p*-nitraniline	−202	» 203	9,23	9,33
β-rhamnosyl-*p*-nitraniline	+320	» 208	9,87	9,85
β-glucosyl-*m*-nitraniline	−132	» 175	9,27	9,33
β-mannosyl-*m*-nitraniline	−187	» 199	9,20	9,33
β-rhamnosyl-*m*-nitraniline	+191	» 150	9,76	9,85
β-mannosyl-*o*-nitraniline	− 22,5	» 196	9,37	9,33
β-tétracétylglucosyl-*p*-nitr.	−101	» 155	5,95	5,98
β-tétracétylmannosyl-*p*-nitr.	−150	» 184	5,92	5,98
β-tétracétylgalactosyl-*p*-nitr.	− 73		5,93	5,98
β-triacétylrhamnosyl-*p*-nitr.	+123	» 209	6,88	6,83
β-tétracétylglucosyl-*m*-nitr.	− 81,5	» 136	5,88	5,98
β-tétracétylmannosyl-*o*-nitr.	−107	» 126	5,96	5,98
β-pentacétylglucosyl-*p*-nitr.	+100	» 161	5,35	5,49
β-pentacétylgalactosyl-*p*-nitr.	+120	» 140	5,40	5,49

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Boragacées. Développement de l'embryon chez le* Lycopsis arvensis *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

En 1921 ([1]), j'ai examiné avec le plus de précision possible l'embryon du *Myosotis hispida* Schlecht. Peu de temps après, H.-G. Svensson ([2]) faisait remarquer que les caractères embryogéniques de cette plante ne se retrouvaient nullement chez les autres espèces de la famille, chez le *Lycopsis arvensis* particulièrement. Il était nécessaire de s'assurer de ces discordances et de bien déterminer leur étendue.

La première paroi de segmentation sépare deux cellules superposées, *ca* et *cb* (*fig.* 1). La cellule apicale, *ca*, par deux cloisons cruciales, donne quatre quadrants (*fig.* 5 à 7) qui se segmentent à leur tour obliquement pour engendrer deux éléments α et β (*fig.* 11). Ceux-ci, par cloisons tangentielles, donnent naissance au dermatogène, *de* (*fig.* 14), et à des cellules intérieures qui, par d'autres cloisons tangentielles, engendrent deux assises sous-épidermiques. En somme, la segmentation procède, dans la cellule *ca*, conformément aux règles qui ont été exposées au sujet des Composées et retrouvées dans beaucoup d'autres cas, particulièrement chez les *Lamium* ([3]).

Dans la cellule *cb*, la première paroi est toujours oblique (*fig.* 2, 3), plus ou moins

([1]) *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 726 et p. 848; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 70, 1923, p. 385.

([2]) *Svensk Bot. Tidskr.*, 16, 1922, p. 137; *Inaug. Dissert.*, *in* *Uppsala Univ. Årsskrift*, 2, 1925, p. 126.

([3]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 48; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 68, 1921, p. 454.

rapprochée de la verticale, et sépare deux blastomères, *m* et *ci*, à peu près juxtaposés. De cette segmentation dépend l'aspect globuleux de la tétrade (*fig.* 3) et l'asymétrie de structure que présentent les formes embryonnaires aux stades suivants. L'élément *m* prend, à son tour, une cloison inclinée, qui, dans les coupes longitudinales, paraît parfois nettement tangentielle (*fig.* 10, 11, 14), mais le plus souvent transversale (*fig.* 4 à 9). Les divisions suivantes, diversement orientées, conduisent à la

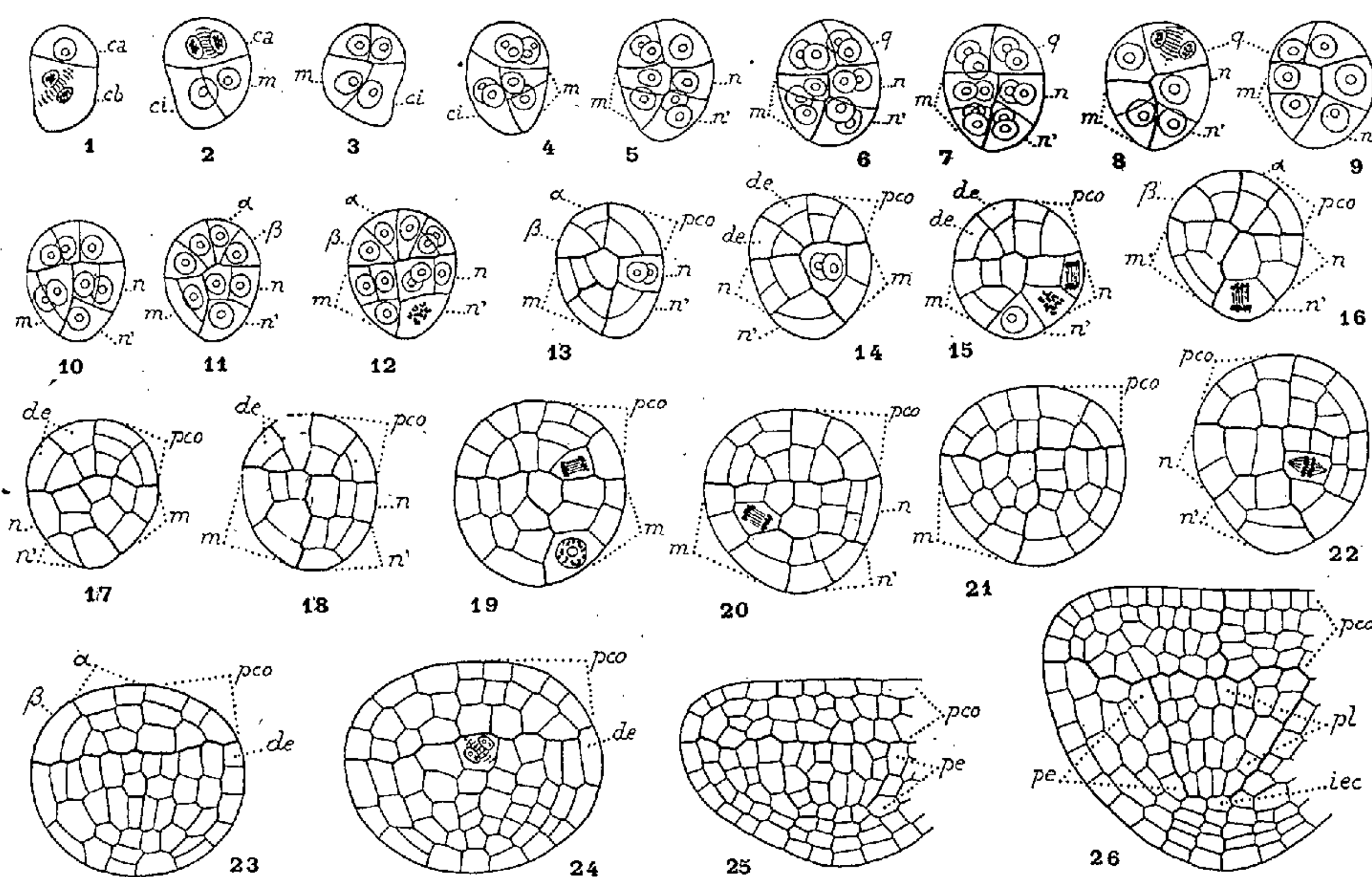


Fig. 1 à 26. — *Lycopsis arvensis* L. — Les principaux stades du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules filles de *cb* ou groupe cellulaire qui en dérive; *n* et *n'*, groupes cellulaires produits par *ci*; *q*, quadrants; α et β, cellules filles des quadrants; *pco*, partie cotylée; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. Les figures 8 et 9 représentent deux coupes voisines d'une même forme proembryonnaire; il en est de même des figures 10 et 11. G. = 140; 120 pour les figures 25 et 26. (On remarquera les grandes dimensions qu'offrent les formes embryonnaires de cette espèce.)

formation d'un groupe cellulaire qui entre dans la construction de la moitié latérale de l'hypocotyle. L'élément *ci* produit d'abord deux cellules à peu près juxtaposées (*fig.* 4), qui se segmentent transversalement (*fig.* 5 à 9) pour donner deux dyades à peu près superposées, *n* et *n'*. Les cloisons suivantes sont verticales ou tangentielles. Il est difficile de dire exactement la part que prennent ces deux dyades à la construction de la partie inférieure de l'embryon. Le groupe *n* semble donner naissance uniquement à la deuxième moitié latérale de l'hypocotyle, le groupe *n'* contribuant plus particulièrement à la génération des initiales de l'écorce au sommet radiculaire et de la portion médiane de la coiffe. Il ne se différencie pas de suspenseur.

Il ressort nettement de ces observations : 1° que le *Lycopsis arvensis* offre avec les *Lamium* des termes de rapprochement assez frappants,

consistant dans le mode de division oblique de la cellule basale et dans la manière dont se comporte à tous égards la cellule apicale du proembryon bicellulaire; 2° que cette espèce, d'autre part, ne possède rien de commun, au point de vue embryogénique, avec le *Myosotis hispida*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les constituants choliniques hydrosolubles du sang et des organes.* Note de M. **Ernest Kahane** et Mlle **Jeanne Lévy**, présentée par M. Maurice Javillier.

A côté des lécithines et de la sphyngomyéline, on a parfois rencontré dans l'organisme des composés choliniques moins complexes, distincts de la choline libre et de l'acétylcholine, que l'on a généralement considérés comme des produits de dégradation des phosphoaminolipides ([1]).

Ayant acquis expérimentalement la conviction qu'il existe, à l'état normal, dans le sperme ([2]), un principe hydrosoluble renfermant de la choline combinée et soupçonnant, dans ce principe, un constituant général des tissus, nous avons recherché une méthode pour sa séparation et son étude; en effet, les techniques habituelles d'extraction par les solvants organiques donnent lieu à des entraînements réciproques, et les procédés classiques de défécation provoquent des adsorptions ou des dégradations qui dénaturent qualitativement et quantitativement les phénomènes étudiés.

Le mode opératoire suivant nous a donné satisfaction : la substance biologique est broyée avec du sable, une solution concentrée de sulfate ferrique, et du carbonate de calcium suivant la technique de défécation récemment proposée par Luneau ([3]) en chimie végétale. Le précipité contient tous les principes choliniques non hydrosolubles, le filtrat tous les principes hydrosolubles. Les expériences témoins démontrent que les substances choliniques de ce filtrat ne sont l'objet d'aucune adsorption par le précipité. Comme l'épuisement ménagé de celui-ci ne fait pas reparaître de choline en solution et que les expériences sont reproductibles, nous considérons qu'il n'y a pas, au cours de ce traitement, de dégradation sensible des formes complexes de la choline. La choline libre

([1]) E. Strack, H. Geisendörfer et E. Neubaur, *Z. physiol. Chem.*, **220**, 1933, p. 217; **229**, 1935, p. 25; D. H. Smyth, *Biochem. Journ.*, **29**, 1935, p. 2067-2070; F. J. Booth, *Biochem. Journ.*, **29**, 1935, p. 2071-2076; F. Inukai et W. Nakahara, *Scient. Pap. Tokyo*, **28**, 1935, p. 10.

([2]) E. Kahane et J. Lévy, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 2186.

([3]) *J. Pharm. Chim.*, **26**, 1937, p. 256.

et combinée contenue dans ce filtrat n'est donc pas un *arte fact*, et nous nous proposons de la désigner désormais sous le nom de *choline hydrosoluble* des tissus.

La choline hydrosoluble, extrêmement variable en quantité suivant les tissus, peut être globalement dosée, après hydrolyse acide ou alcaline de l'extrait aqueux, par voie chimique (dilution limite de disparition de la réaction de Florence), ou par voie biologique (muscle de Sangsue ésériné, duodénum de Rat, pression artérielle du Chien). L'accord des déterminations apporte une identification de la choline dosée.

La choline hydrosoluble, également variable en qualité, comprend de l'acétylcholine, de la choline libre et un ou plusieurs composés non encore identifiés. L'acétylcholine, dont le taux (de l'ordre du gamma par gramme) est faible, vis-à-vis de celui des autres constituants, est dosée biologiquement sur le muscle de Sangsue. La choline combinée est séparée de la choline libre par traitement de l'extrait au moyen du sel de Reinecke ou du réactif iodo-ioduré; le précipité sert pour le dosage de la choline libre, les solutions servent pour le dosage de la choline combinée, après hydrolyse acide ou alcaline.

Choline libre et choline hydrosoluble totale du sang.

Espèce.		Choline libre γ par cm³.	Choline hydrosoluble totale γ par cm³.
Homme		0,5	1–2
Bovidés	Bœuf	20–40	20–40
	Taureau	20	20
	Vache	30	30
	Veau	50–120	50–120
Cheval		0,1	0,5
Chien		1	1–2
Cobaye		20	20
Lapin		0,5	5
Mouton		0,2–1	1–2
Porc		0,1	0,5
Rat		1	2–3

Nous avons appliqué cette méthode à la détermination de la *choline libre* et de la *choline combinée hydrosoluble* du sang (tableau) et de divers organes frais de mammifères. Les résultats obtenus sur les mêmes organes frais d'individus de même espèce sont, en général, comparables entre eux. Par contre, il existe des *différences considérables d'organe à organe* et d'*espèce à espèce*.

Comme le montre le tableau ci-dessus, les sangs étudiés répondent à trois types, contenant respectivement : 1° des traces de choline hydrosoluble (Homme, Cheval, Chien, Mouton, Porc, Rat); 2° une quantité importante de choline libre (Bovidés, Cobaye); 3° une quantité appréciable de choline combinée (Lapin).

Les organes et tissus suivants ont été étudiés : amygdales humaines, cerveau, cœur, estomac, foie, graisse, intestin, moelle osseuse, muscle, os, ovaire, pancréas, placenta, poumon, prostate, rate, rein, surrénale, testicule, thyroïde, utérus, vésicule biliaire, vésicule séminale (Chien, Cobaye, Lapin, Rat). Leur teneur en choline libre est comprise entre 0 et $0^{mg},5$ par gramme; leur teneur en choline hydrosoluble combinée entre 0 et $2^{mg},5$ par gramme. Ils répondent à quatre types : *absence de choline hydrosoluble, présence de choline libre, présence de choline combinée, présence des deux formes.*

L'existence dans l'organisme d'un ou plusieurs dérivés hydrosolubles de la choline est un phénomène dont nous recherchons la signification physiologique et pathologique. D'ores et déjà, leur comportement au cours de l'autolyse et vis-à-vis de certains enzymes, comme celui de la prostate, nous permet d'attribuer à leur existence le rapide développement de choline libre dans certaines substances biologiques. La choline hydrosoluble combinée nous apparaît comme un constituant autonome des tissus, et non comme une étape dans la dégradation accidentelle des phosphoaminolipides.

ZOOLOGIE. — *Commensalisme ornithophile de Coléoptères staphylinides; son déterminisme par exigences thermiques de maturation des gonades.* Note de M. **Henri Heim de Balsac**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nos recherches sur les faunules satellites des Vertébrés, poursuivies depuis des années sur un matériel considérable (plus d'un millier de nids de Mammifères et d'Oiseaux ont été inventoriés), permettent de mettre en évidence une série de faits biologiques nouveaux, certains inattendus et de portée générale. Nous pouvons établir que, chez quelques Coléoptères staphylinides du genre *Microglotta*, la maturation des gonades exige une température anormalement élevée, qui s'établit au voisinage de 40°C.; d'autre part, chez *M. pulla*, la larve parvenue au terme de son développement émet par le rectum une sécrétion soyeuse d'origine probablement malpighienne, qui lui permet de filer un cocon où s'opère la nymphose. Or, la sécrétion soyeuse n'est l'apanage que d'un nombre infime de Coléoptères. Dans la présente Note nous ne nous attacherons qu'à l'étude du premier fait.

Le genre *Microglotta*, très insuffisamment étudié jusqu'ici quant à sa biologie, est connu pour ses tendances à mener une vie commensale dans

les nids des Oiseaux et des Fourmis. Des quatre espèces que nous avons rencontrées dans l'est de la France (*M. nidicola*, *M. pulla*, *M. marginalis*, *M. picipennis*), les deux premières ont pu être étudiées dans des conditions suffisamment précises pour que soit mis en évidence le déterminisme du déclenchement de la ponte.

M. nidicola est étroitement inféodée à une seule espèce d'Oiseaux, l'Hirondelle de rivage (*Riparia riparia*). L'imago et la larve se trouvent en abondance dans le nid du Passereau, établi au fond de profonds couloirs (1^m de longueur environ) creusés dans les berges et les carrières d'argile ou de sable. En dehors de ce biotope spécial, l'insecte n'a été trouvé qu'exceptionnellement et à l'état d'individus isolés dans les nids d'autres Oiseaux.

M. pulla est une espèce plus éclectique, quant au choix de ses hôtes, signalée dans les nids de Mésange, Étourneau, Choucas, Épervier. Nous devons faire toutes réserves sur ces localisations; notre expérience nous a montré que les hôtes chez lesquels s'effectuait la reproduction de l'insecte, étaient par ordre de fréquence les Passereaux *Troglodytes*, *Cinclus*, *Motacilla cinerea*, *Parus major*, *Erithacus*. En fait, l'hôte de choix est le Troglodyte, répandu abondamment partout. Ce n'est pas tant l'espèce avienne qui paraît diriger le choix de l'insecte que l'architecture et l'emplacement du nid, d'où résultent certaines conditions de température et d'état hygrométrique, sur lesquelles nous ne pouvons nous étendre. Quant à la myrmécophilie de *M. pulla*, elle est, à notre sens, accessoire. L'imago a bien été rencontré dans les nids de *Lasius fuliginosus*, *L. brunneus* et *Formica rufa;* mais il doit s'agir là d'individus en hivernage, ou à la recherche d'un biotope convenable. Les *Microglotta* n'ont d'ailleurs jamais été signalées comme des commensaux myrmécocleptes, ou comme des synechtres. Le véritable biotope de *M. pulla* est le nid des Oiseaux, milieu qui semble rendu obligatoire par les exigences thermiques de la reproduction.

L'imago se rencontre à l'état d'individus peu nombreux, soit au printemps dans les nids d'oiseaux renfermant des œufs, soit en automne (à partir d'août) dans les nids abandonnés. Par contre, dans les nids abritant des jeunes et durant une courte période de temps qui suit le départ de ceux-ci, les larves et l'imago de *M. pulla* abondent littéralement. La présence des larves coïncide exactement avec celle des jeunes oiseaux et peut s'observer encore quelques jours après leur envol.

De la durée du développement larvaire (12 à 15 jours), on déduit que la

ponte de l'insecte s'effectue durant la période d'incubation de l'oiseau, ou au plus tard dans les jours qui suivent l'éclosion, alors que l'oiseau couve encore ses poussins nus. Les mêmes faits se constatent chez *M. nidicola*. Les imagos des deux espèces, maintenus en élevage à la température ambiante dans des nids que les oiseaux viennent de quitter, vivent plusieurs semaines, mais ne se reproduisent pas. C'est la température d'environ 40°C., qui règne dans les nids durant l'incubation, qui amène la maturation des gonades et le déclenchement de la ponte de l'insecte.

La coïncidence exacte qui s'établit entre l'éclosion des larves et celle des oiseaux ne semble d'aucune nécessité vitale pour l'insecte. Les larves, d'une part, se développent parfaitement à la température ambiante et, d'autre part, leurs aliments (en l'espèce les débris et desquamations cutanées qui tombent au fond du nid) subsistent plusieurs semaines dans les nids. L'exigence thermique manifestée n'est pas une adaptation à la vie ornithophile; elle résulte sans doute d'une mutation qui serait devenue léthale si elle n'était apparue chez des formes commensales; cette mutation rend l'ornithophilie obligatoire, car il n'est pas, sous nos latitudes, de nids de Mammifères ou de Fourmis qui atteignent au degré thermique exigé.

EMBRYOGÉNIE. — *Sur le mode de division symétrique des vésicules amnio-ectoblastiques dans les embryomes parthénogénétiques et ses analogies avec la polyembryonie du Tatou.* Note de M. **Albert Peyron**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons, en collaboration avec H. Limousin [1], succinctement décrit les divers modes de multiplication et de reconstitution des boutons embryonnaires dans les tumeurs à tissus multiples du testicule; les trois variétés suivantes ont été déjà reconnues et figurées :

1. Simple bourgeonnement irrégulier de la vésicule ectoblastique, intéressant également la vésicule entoblastique; les vésicules filles ou secondaires issues de cette dernière restent souvent rudimentaires ou même absentes; c'est la variété la plus fréquente.

2. Division symétrique complète, intéressant soit la totalité d'un bouton, soit seulement un segment ou une extrémité en voie de bourgeonnement kystique : elle se traduit par une image en miroir.

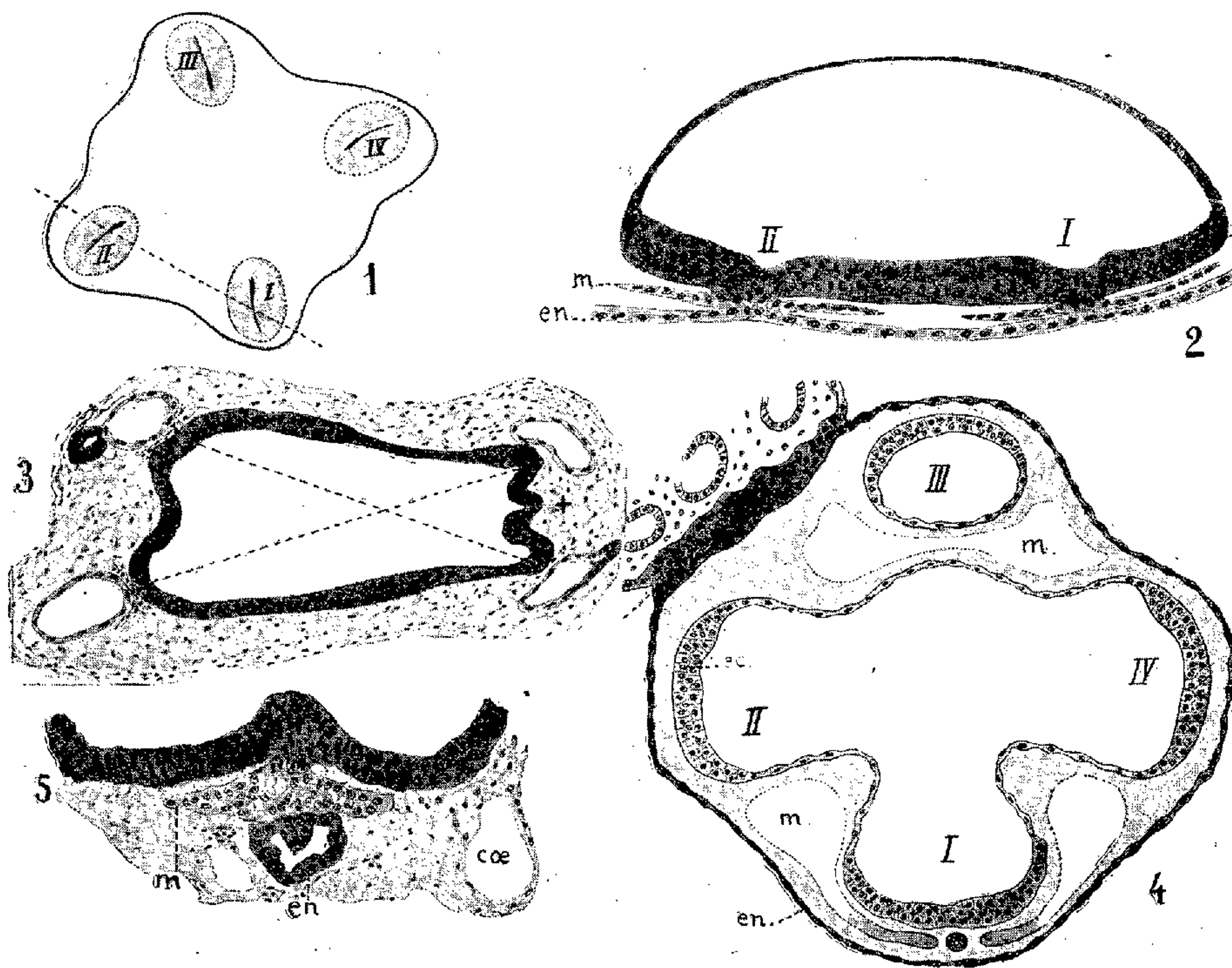
3. Simple bourgeonnement de la vésicule ectoblastique, localisé à deux extrémités parfois opposées et symétriques; la zone intermédiaire à revête-

---

(1) *C. R. Soc. Biologie*, **123**, 1936, p. 409; **128**, 1938, p. 822.

ment aplati correspond aux canaux amniotiques qui unissent les blastodermes secondaires chez le Tatou.

La présente Note met en évidence une autre modalité, qui peut se rattacher à la précédente, mais offre des analogies beaucoup plus marquées avec le mode de division de la vésicule du Tatou. Par exemple, le microkyste de la figure 3 montre un revêtement interne continu de nature ecto-



blastique, une paroi externe discontinue, correspondant au mésoblaste (en gris) et à l'entoblaste, juxtaposés en certains points; sa surface de section est rectangulaire, et l'on retrouve, à chacun des angles, comme chez *Dasypus*, un embryon ou bouton secondaire, en voie d'individualisation, dont la cavité amnio-ectoblastique est destinée à s'isoler de celle de la vésicule mère. Les vésicules entoblastiques correspondantes, en contact plus ou moins étroit avec le mésoblaste cœlomique, ont un revêtement cubique ou aplati, et, sur l'une d'elles (en haut et à gauche), on reconnaît le diverticule allantoïdien, à paroi plus haute et foncée. Or, en suivant la série des coupes de ce microkyste, on voit les quatre angles s'émousser progressivement, au fur et à mesure que disparaît la saillie des boutons ou embryons secondaires; mais, simultanément, apparaissent de nouveaux écussons embryonnaires, correspondant non plus aux angles, mais aux faces

et qui sont également disposés suivant deux axes perpendiculaires. L'un d'eux, dont la place est désignée par une croix dans la figure 3, est figuré de façon exacte en 5; on y reconnaît l'épaississement ectoblastique axial, avec migration d'éléments cellulaires, qui correspond à une ligne primitive, de chaque côté de laquelle le mésoblaste sous-jacent est en voie de délamination et d'extension bilatérale. La vésicule entoblastique (*en*) montre un revêtement papillifère de cellules cubiques et, latéralement, on retrouve des cavités cœlomiques (*coe*). Les homologies de ces dispositions avec celles de la vésicule du Tatou sont évidentes lorsque l'on compare ces deux figures avec celles relatives à *D. novemcinctus*, que nous reproduisons d'après Patterson.

La figure 1 montre la topographie des quatre embryons issus des deux bourgeonnements symétriques et successifs de la vésicule primitive, effectués suivant des axes perpendiculaires. En 2, la section vertico-transversale intéresse les embryons I et II, suivant la ligne pointillée de la figure 1. La voûte amnio-ectoblastique est indivise, ou commune, alors que le plancher montre les deux gouttières correspondant chacune à une ligne primitive analogue à celle de la figure 5.

J'ai combiné, en 4, une figure schématique, destinée à montrer les analogies entre le mode de division de la vésicule du Tatou et celui des boutons ou kystes de nos embryomes. Chez *D.*, en raison de l'inversion des feuillets, l'entoblaste se continue avec le trophoblaste (en haut et à gauche) tandis que, dans les embryomes, ce dernier est issu de l'ectoblaste primitif. On discute encore pour savoir si la polyembryonie de *D.* résulte d'une fission proprement dite, ou d'un bourgeonnement de la vésicule primitive; les dispositions que nous avons découvertes dans nos tumeurs seraient plutôt en faveur de la seconde interprétation. En effet, lorsque les vésicules ont essaimé dans le mésenchyme les embryons ou boutons secondaires destinés à leur tour à subir un processus de même ordre, on constate que leur revêtement reste temporairement aplati et endothéliforme; mais, ultérieurement, il s'épaissit à nouveau pour reconstituer des zones fertiles. Cette persistance du pouvoir germinatif représenterait le seul caractère distinctif, d'ailleurs fondamental, entre la morphogenèse de nos embryomes et l'ontogénie du Tatou.

La séance est levée à 15h30m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 OCTOBRE 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **A. Lacroix** fait hommage à l'Académie d'une plaquette intitulée *Une famille de bons serviteurs de l'Académie des Sciences et du Jardin des Plantes. Les* Lucas.

THÉORIE DES VIBRATIONS. — *Relations entre le problème de la stabilité séculaire et celui des vitesses critiques.* Note de M. **Émile Jouguet.**

I. Soit un système matériel défini par des variables $q_1 \ldots q_n, r$, la variable r, gyroscopique, ne figurant pas dans le potentiel $V(q)$ et n'entrant que par sa dérivée dans la force vive $2W$. Nous supposerons que r, est unique et est un angle de rotation

$$2W = 2\Xi(q, q') + 2\Psi(q, q', r') + 2\Phi(q, r').$$

Soit $J(q, x)$ ce que devient Φ quand on y remplace r' par sa valeur tirée de $\partial\Phi/\partial r' = x$. Écrivons les équations de Lagrange (L) avec, en regard, ce qu'elles deviennent (E) quand on y fait les q et r' constants ([1]). Les équations (E) définissent les *régimes* R

$$(1)\quad (\mathrm{L}) \begin{cases} \dfrac{d}{dt}\dfrac{\partial W}{\partial q'} - \dfrac{\partial W}{\partial q} + \dfrac{\partial V}{\partial q} = 0, \\ \dfrac{d}{dt}\dfrac{\partial W}{\partial r'} = 0 \text{ ou } \dfrac{\partial W}{\partial r'} = x, \end{cases} \quad (2)$$

$$(\mathrm{E}) \begin{cases} \dfrac{\partial(J + V)}{\partial q} = 0 \quad (n \text{ équations}), \\ \dfrac{\partial \Phi}{\partial r'} = x. \end{cases}$$

([1]) Sur ces définitions, notations et résultats, voir mon Mémoire *Sur la Stabilité séculaire* (*Journ. Éc. Polytech.*, 2e série, 27e Cahier, 1929, p. 205).

II. *Vitesses critiques.* — Supposons que, pour $r' = \omega$, les équations (E) n'aient aucune solution en q ou ne fournissent, pour les q, que des valeurs physiquement inadmissibles. ω *est une vitesse critique d'impossibilité.*

Soit au contraire un système de valeurs constantes $q = a$, $r' = \omega$, $x = \xi$ physiquement admissibles et vérifiant (E). C'est là un régime R. Étudions les mouvements voisins de R pour lesquels x conserve la valeur ξ. Posons

$$(3) \qquad q = a + \varepsilon, \qquad r' = \omega + \zeta, \qquad x = \xi \qquad (\varepsilon, \zeta \text{ petits et fonctions de } f)$$

et ne conservons que le premier ordre en ε, ζ. Les équations (L) deviennent des équations (l) différentielles, linéaires, à coefficients constants, sans second membre. Les équations (E) deviennent des équations ordinaires (e) linéaires et homogènes en ε, ζ.

Les équations (e) sont vérifiées pour $\varepsilon = \zeta = 0$. Mais, si le jacobien Δ des $[\partial(J + V)/\partial q]$ par rapport aux q est nul pour $q = a$, $x = \xi$, elles sont indéterminées. Le régime a, ξ, ω est alors critique et ω est une *vitesse critique d'indétermination.* Remarquons qu'il ne s'ensuit pas que le régime R soit indéterminé, car nous n'avons raisonné que sur les équations (E) simplifiées par linéarisation.

En général, le système (e) n'est pas indéterminé. Les mouvements voisins de R sont régis par (l), lesquelles donnent pour ε et ζ, *si* R *est stable*, des sommes de cosinus. Ces mouvements sont donc des vibrations dont les fréquences propres sont fonctions de ω, a. Si une de ces fréquences est égale à $\omega/2\pi$, la vitesse angulaire ω est une *vitesse critique de résonance* (résonance avec les forces perturbatrices dont la fréquence est celle de la rotation ω et qui existent généralement dans la pratique).

La distinction entre les trois espèces de vitesses critiques n'est pas absolue et dépend de la manière de définir le système. Il arrive parfois, dans les applications, qu'une vitesse critique d'impossibilité devienne une vitesse critique d'indétermination quand certains paramètres prennent des valeurs particulières. Il arrive aussi qu'on puisse définir le système par des variables $\chi_1, \ldots, \chi_n$, ρ autres que $q_1, \ldots, q_n$, r, et que cette nouvelle définition fasse apparaître de nouvelles vitesses critiques ou transforme une vitesse critique d'indétermination en vitesses critique de résonance.

III. *Stabilité séculaire.* — Le régime R peut être stable ordinairement ou séculairement, la stabilité séculaire étant caractérisée par le fait qu'elle se maintiendrait si les variables q devenait visqueuses. D'ailleurs, la stabilité peut être séculaire pour le système de variables q, r et non séculaire pour le système χ, ρ. Quand un régime possède la stabilité séculaire pour

un certain système de variables, ce régime et sa stabilité ne sont pas modifiés par l'introduction de viscosités affectant les variables non gyroscopiques. Mais la nature des petits mouvements l'est, le phénomène de la résonance se complique et peut disparaître; les vitesses critiques de résonance sont modifiées ou même supprimées.

La condition nécessaire et suffisante de stabilité séculaire est que $J + V$, considérée comme fonction des q, soit minimum. Faisons varier x. Pour chaque valeur de x, (E) définit un régime R. Imaginons que la stabilité de ce régime passe du caractère séculaire au caractère ordinaire pour une certaine valeur $x = \xi$, à laquelle correspondent par (E) les valeurs a, ω de q et de r'. On démontre facilement, moyennant quelques hypothèses de continuité [2], que le jacobien Δ est alors nul pour a, ξ, a. La vitesse ω est donc une vitesse critique d'indétermination. C'est la généralisation d'un fait constaté par Lamb pour les arbres de machines.

IV. *Premier exemple. Gyroscope.* — Corps solide de révolution, pesant, suspendu par un point de son axe. Axes fixes OX_1, OZ_1 horizontaux, OY_1 vertical ascendant. Axes mobiles $Ox_1y_1z_1$ suivant les axes principaux d'inertie. Le centre de gravité G est sur l'axe de révolution $Oz_1 : OG = -l\,(l > 0)$. θ_1, φ_1, ψ_1 angles d'Euler [3]. I moment d'inertie relatif à l'axe de révolution, E moment d'inertie équatorial. On suppose $I < E$.

Si l'on note $OY_2Z_2X_2$, et $Oy_2z_2x_2$ les axes $OX_1Y_1Z_1$ et $Ox_1y_1z_1$, on a, dans ce nouveau repérage, de nouveaux angles d'Euler θ_2, φ_2, ψ_2.

Le régime R où l'axe de révolution est vertical, avec G vers le bas, le corps tournant autour de son axe de révolution, est défini, dans nos deux systèmes de repérage, par

$$\theta_1 = -\frac{\pi}{2}, \quad \psi_1 = 0, \quad \varphi'_1 = \omega; \qquad \theta_2 = \frac{\pi}{2}, \quad \varphi_2 = \frac{\pi}{2}, \quad \psi'_2 = \omega.$$

Étudions, dans ces deux systèmes, les régimes voisins de R :

$$\theta_1 = -\frac{\pi}{2} + \varepsilon_1, \quad \psi_1 = \eta_1, \quad \varphi'_1 = \omega + \zeta_1, \qquad \theta_2 = \frac{\pi}{2} + \varepsilon_2, \quad \varphi_2 = \frac{\pi}{2} + \eta_2, \quad \psi'_2 = \omega + \zeta_2;$$

$$(l)\ \begin{cases} E\varepsilon''_1 - I\omega\eta'_1 + Mgl\,\varepsilon_1 = 0, \\ E\eta''_1 + I\omega\varepsilon'_1 + Mgl\,\eta_1 = 0, \\ \zeta_1 = 0; \end{cases} \qquad (l)\ \begin{cases} E\varepsilon''_2 - (I - 2E)\,\omega\eta'_1 + [(I - E)\,\omega^2 + Mgl]\,\varepsilon_2 = 0, \\ E\eta''_2 + (I - 2E)\,\omega\varepsilon'_2 + [(I - E)\,\omega^2 + Mgl]\,\eta_2 = 0, \\ \zeta_2 = 0. \end{cases}$$

(2) On peut utiliser pour cela les indications données par Liénard et Chipart à l'article **21** de leur Mémoire du *Journ. Math. pures et appl.*, 6e série, **10**, 1914, p. 291.

(3) D'après la définition d'Appell, *Traité de Mécanique rationnelle*, **2**, p. 142.

$\omega=\sqrt{\mathrm{M}gl/(\mathrm{E}-\mathrm{I})}$ est, pour les variables θ_2, φ_2, ψ_2, une vitesse de passage de la stabilité ordinaire à la stabilité séculaire. C'est, pour les mêmes variables, une vitesse critique d'indétermination. Pour les variables θ_1, φ_1, ψ_1 c'est une vitesse critique de résonance. $\sqrt{\mathrm{M}gl/(\mathrm{E}+\mathrm{I})}$ est aussi vitesse critique de résonance pour θ_1, φ_1, ψ_1. $\sqrt{\mathrm{M}gl/[2(2\mathrm{E}-\mathrm{I})]}$ est vitesse critique de résonance pour θ_2, φ_2, ψ_2.

V. *Deuxième exemple. Rotor de turbine.* — Soit le disque de turbine étudié par nous dans une Note parue ici même ([1]) dont nous suivons les notations. Considérons le régime $\alpha_0=0$, $r_0=e\omega^2/(\Omega^2-\omega^2)$, $\psi'_0=\omega$. $\omega=\Omega$ est une vitesse critique d'impossibilité, qui serait une vitesse critique d'indétermination si e était nul. Les petits mouvements autour de ce régime sont régis par

$$r=r_0+\varepsilon,\qquad \alpha=\eta,\qquad \psi'=\omega+\zeta;$$

$$(l)\qquad \left\{\begin{aligned}&\varepsilon''+2\omega r_0\frac{\mathrm{I}}{\mathrm{K}}\eta'+\left(\Omega^2-\omega^2\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{K}}\right)\varepsilon=0,\\ &r_0^2\frac{\mathrm{I}}{\mathrm{K}}\eta''-2\omega r_0\frac{\mathrm{I}}{\mathrm{K}}\varepsilon'+e\omega^2 r_0\eta=0,\\ &\mathrm{K}\zeta=\mathrm{M}r_0(r_0+e)\eta'-2\mathrm{M}(r_0+e)\omega\varepsilon\end{aligned}\right.$$

avec

$$\mathrm{K}=\mathrm{I}+\mathrm{M}(r_0+e)^2,\qquad \mathrm{L}=\mathrm{I}-3\mathrm{M}(r_0+e)^2.$$

Il y a deux vitesses critiques de résonance, dont l'une tend vers $\Omega/2$ quand e est très petit. Cette vitesse est bien connue.

Supposons que le système présente une viscosité très forte relativement à α, c'est-à-dire une très grande résistance à la rotation de l'arbre en flexible. Il faut alors ajouter à la seconde équation ci-dessus un terme en $h\eta'$ avec h très grand. On a alors une vitesse de résonance égale à $\Omega/\sqrt{2}$. Il est permis de se demander si ce n'est pas cette vitesse qu'a observée Stodola à 1650 tours pour un arbre dont la seconde vitesse critique ordinaire était évaluée à 2336 tours ([2]).

([1]) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 793.

([2]) Stodola, *Turbines à vapeur et à gaz*, art. 191, p. 933 de la traduction française.

BOTANIQUE ET AGRONOMIE COLONIALE. — *Sur les Caféiers nouveaux d'Afrique comme source principale de cafés pour la consommation française*. Note de M. **Auguste Chevalier**.

Le 4 mai 1715, Antoine de Jussieu donnait lecture devant ses Confrères de l'Académie royale des Sciences d'un Mémoire sur le Caféier dans lequel il faisait connaître la plante que nous nommons aujourd'hui *Coffea arabica* L. Il put la décrire d'après un plant donné à Louis XIV en 1714 par le bourgmestre d'Amsterdam et qui avait été déposé au Jardin du Roi, notre actuel Muséum d'Histoire naturelle. Ce plant ayant fleuri et donné des graines, de Jussieu put le multiplier et c'est de ce premier pied que sortirent la plupart des Caféiers *arabica* qui se répandirent dans nos vieilles colonies au XVIIIe siècle. En 1716, Antoine de Jussieu apprit qu'il existait à l'Ile Bourbon une deuxième espèce de Caféier, comparable à l'*arabica* mais donnant une boisson amère et enivrante. Lamarck la nomma, en 1783, *Coffea mauritiana*.

Cette dernière espèce n'a pas répondu aux espoirs que de Jussieu fondait sur elle. C'est au cours du XIXe siècle que l'on a pu déterminer la composition du grain d'*arabica* et établir son rôle physiologique. Ses principales propriétés sont dues surtout à la présence d'un alcaloïde, la caféine, qui existe dans la graine dans la proportion de 0,62 à 1,50 pour 100 suivant les variétés et aussi sans doute suivant le degré de maturité des graines, le sol, le climat, etc. Par la torréfaction on fait apparaître une substance volatile appelée caféone ou caféol qui constitue le principal élément déterminant l'arome du café.

Pendant longtemps on n'a connu qu'une seule espèce botanique, le *Coffea arabica*, donnant ce breuvage noir appelé café, contenant plus ou moins de caféine.

Tous les caféiers connus, au nombre de 50 espèces, vivent à l'état spontané exclusivement dans les parties chaudes de l'Ancien Monde. C'est seulement en Afrique tropicale que se rencontrent les espèces à caféine ayant un intérêt pratique.

L'étude botanique de Madagascar et des Iles Mascareignes a fourni une vingtaine d'espèces très spéciales. Notre Confrère, M. Gabriel Bertrand, a reconnu que ces espèces ne contiennent pas de caféine; elles ne peuvent donc être utilisées pour la production du café.

L'exploration du continent africain devait fournir les plus précieuses indications sur la géographie du genre *Coffea*.

Les voyages botaniques des Docteurs Quartin-Dillon et Petit, puis celui de W. Schimper (1838-1840) en Abyssinie, démontrèrent que le *Coffea arabica* vit à l'état sauvage sur les montagnes du Pays Galla (Tigré, Chiré, Amara, Addi Wusseni) le long des ravins, entre 6000 et 7000 pieds d'altitude. L'Abyssinie est donc la patrie de cette espèce et en Arabie elle n'est qu'introduite.

En 1850 une deuxième espèce à caféine fut rencontrée à l'état sauvage en Guinée, en amont de Boké, sur le Rio-Nunez, le *Coffea stenophylla* G. Don. Il fournit un excellent café, mais il donne des rendements tellement faibles que sa culture a été abandonnée. En 1878, Hiern décrivit une troisième espèce à caféine, le *Coffea liberica* ou café de Monrovia, trouvée d'abord dans les plantations des Noirs des environs de Cap Palmas. La découverte de cette espèce provoqua de grands espoirs, car elle se fit au moment où la culture de l'*arabica* était fortement en régression dans l'Ancien Monde par suite de l'extension de nombreuses maladies parmi lesquelles un Champignon (*Hemileia vastatrix*) contre lequel on ne parvenait pas à lutter; le *liberica* était plus résistant et donnait des rendements plus élevés.

Mais d'autres nouvelles espèces africaines allaient à partir de 1900 provoquer des engouements encore plus mérités. En 1897, Froehmer publia la description du *Coffea congensis* des îles du Congo et de l'Oubangui collecté par J. Dybowski en 1893 et par Em. Laurent en 1896, par nous en 1902, espèce voisine de *C. arabica*; le *C. congensis* donne aussi en Afrique des rendements faibles; c'est sans doute pour cela que sa culture n'a pas pris de développement. C'est en cette même année 1897 que fut décrit le *Coffea canephora* Pierre (avec pour synonymes *C. Laurentii* De Wildem., *C. bukobensis* Zimmerm., *C. Maclaudi* Chev., *C. ugandæ* Cramer) qui devait acquérir par la suite une grande notoriété culturale avec les noms de ses variétés : *Robusta, Kouilou, Sankourou, Ouganda, Petit Indénié, Niaouli*, etc. Enfin, en 1900, Durand et De Wildeman décrivent sommairement le *C. Dewevrei* de l'Oubangui auquel se rattachent comme formes voisines le *C. excelsa* Chev. que nous avons découvert dans le Haut-Chari en 1902, puis d'autres races : *C. Dybowskii* Pierre, *C. neo-Arnoldiana* Chev., *C. abeocutæ* Cramer, *C. Zenkeri* Krause, etc. Ces derniers caféiers sous le nom de *Chari, Arnoldiana, Gros Indénié*, etc., ont acquis, tant en Afrique qu'en Indochine et à Java, la réputation de caféiers prospères en culture et donnant de bonnes qualités de cafés.

Les quatre groupes de Caféiers que nous venons de citer, *C. liberica*, *C. congensis*, *C. canephora robusta*, *C. Dewevrei excelsa*, ne se rapprochent pas seulement de *C. arabica* par leurs caractères botaniques qui en font des espèces très voisines, mais leurs graines ont sensiblement la même composition et les mêmes propriétés. La caféine y existe à des doses normales.

La torréfaction bien conduite y développe aussi la caféone; toutefois ces caféiers nouveaux donnent en général un café moins aromatique et moins doux que l'*arabica*, mais par la sélection il est possible d'accroître la teneur

en acide cafétanique et en caféone; plusieurs sortes nouvelles ont déjà perdu leur amertume par la culture et certaines ont acquis un arome qui plaît.

L'*arabica* est un arbuste de montagne qui, dans sa patrie, ne descend pas à l'état spontané au-dessous de 1000^m d'altitude; aussi dans tous les pays tropicaux de basse altitude, il est attaqué par de nombreuses maladies et il dépérit, à moins d'être cultivé dans des sols très riches en humus. Dans l'Amérique du Sud, aux environs du 23e degré de latitude Sud (État de São-Paulo au Brésil), c'est-à-dire à la limite du tropique, entre 550 et 800^m d'altitude sur les terres violettes (*terra roxa*) d'origine éruptive occupées par la forêt, il a trouvé un climat et un sol d'élection. La production de São-Paulo et des États limitrophes est telle qu'elle pourrait suffire à la consommation mondiale de café, qui est d'environ un million et demi de tonnes par an. Depuis plusieurs années, le Brésil est obligé d'arracher des millions de caféiers et de détruire le café récolté par centaines de milliers de tonnes, n'en trouvant pas la vente. Tous les pays qui pouvaient le faire ont profité de la période actuelle d'autarcie pour produire le café nécessaire à leur consommation. La France a suivi le mouvement. Ses besoins en café verts sont d'environ 180000 tonnes par an. Par des primes et des détaxes elle a encouragé grandement, depuis une dizaine d'années, la culture des caféiers dans ses colonies. Notre production coloniale, qui n'était que de 5000 tonnes en 1928, va être cette année de 50000 à 60000 tonnes. Certaines colonies sont devenues de grands producteurs de café, notamment Madagascar 35000 tonnes, l'Afrique occidentale française 12000 à 14000 tonnes, le Cameroun, l'Afrique équatoriale etc.

Ce grand développement qui se poursuit est dû entièrement aux nouvelles espèces de caféiers découvertes en Afrique tropicale et que nous avons citées plus haut. L'*arabica* n'y est pour rien; nos colonies produisent cette année 3800 t. seulement de ce café, dont 1200 t. en Nouvelle-Calédonie. Pourtant, depuis 40 ans, les efforts pour développer la culture de l'*arabica* dans nos colonies d'Afrique et en Indochine ont été incessants, très coûteux et cependant vains. C'est que, dans ces colonies, les sols de montagnes, couverts de grandes forêts, sur lesquels prospère cette plante font presque défaut. Cette orophyte est en même temps quasi saprophyte et exige une atmosphère constamment humide et tempérée (sauf au moment de la floraison) et un sol très fertile. Ces conditions ne sont remplies dans aucune de nos colonies tropicales; elles existaient autrefois à la Martinique, à la Guadeloupe, à la Réunion avant les grands déboisements et

avant l'érosion consécutive qui a fait disparaître les sols fertiles de surface.

Dans les pays franchement tropicaux, on ne peut cultiver l'*arabica* au-dessous de 600-800^m d'altitude. Plus bas, il est envahi par les parasites, il donne des rendements dérisoires et succombe au bout de quelques années, alors qu'à São-Paulo les caféiers sont souvent prospères encore à 50 ans, après avoir fourni des récoltes abondantes.

Les nouveaux caféiers d'Afrique, originaires de basses ou de moyennes altitudes, vivant à l'état spontané sur des sols relativement pauvres et sous des climats tropicaux variés (en général de 0 à 600^m d'altitude dans la forêt dense équatoriale et sur ses lisières), se trouvent dans leur milieu même dans nos colonies tropicales. Ils sont aussi moins exigeants, plus résistants aux parasites, et ils fournissent à partir de la quatrième année des récoltes substantielles. La production coloniale française de ces cafés dépassera 50000 t. en 1938; on estime qu'elle pourrait être de 80000 t. en 1940, et, dans un délai très rapproché, nos colonies pourraient fournir à la Métropole tout le café qui lui est nécessaire.

Une extension aussi rapide de cette production a alarmé les importateurs et brûleurs français de cafés, habitués à vendre des cafés étrangers (surtout brésiliens). Aussi sont-ils intervenus récemment en disant que le consommateur français rejeterait ces cafés peu aromatiques et de goût neutre s'ils n'étaient mélangés dans une forte proportion à du café *arabica*.

Nous estimons qu'il est cependant possible de modifier progressivement et avec adresse le goût du consommateur. Déjà de nombreuses personnes qui se sont habituées à nos cafés coloniaux nouveaux ne veulent pas en consommer d'autres. Il n'est pas douteux du reste qu'ils peuvent être améliorés, comme nous le montrerons dans une prochaine Note. Aussi dès maintenant nous nous élevons contre les entraves qui seraient apportées à la production de ces cafés dans nos possessions et à leur importation et vente. Dans l'état actuel de nos connaissances, seules les sortes se rattachant soit à l'espèce *Canephora robusta*, soit au *C. Dewevrei excelsa* peuvent être cultivées sur une très grande échelle et avantageusement dans nos colonies; leur production suffira très prochainement aux besoins de la Métropole en café et rien ne s'oppose à ce qu'ils entrent dans la consommation, à l'exclusion des sortes importées de l'étranger.

PROTOZOOLOGIE. — *Sur le mode de multiplicat des flagelles à chaque division chez l'*Oxyrrhis marina. Note de M. **Pierre-Augustin Dangeard.**

L'*Oxyrrhis marina* est un organisme inférieur marin des plus communs : il appartient à la famille des Péridiniens qui comprend des espèces qui habitent les unes dans les eaux douces, les autres dans la mer : quelques-unes vivent en parasites.

Chaque individu est pourvu, pendant la période d'activité, de deux flagelles, l'un qui correspond au flagelle longitudinal et le second au flagelle transversal des autres espèces. Le premier qui est traîné à l'arrière est d'une longueur inusitée chez les organismes inférieurs puisqu'elle atteint 75^{μ} ou davantage ; l'autre est un peu moins long et aussi d'un diamètre légèrement plus faible.

Dans l'ensemble des Protozoaires et des Protophytes, qui forment une sorte de règne à part, base de la vie et du mouvement, un problème s'est posé de longue date dont la solution intégrale a été retardée jusqu'ici, par suite des difficultés d'observation auxquelles on se heurtait.

Tous ces êtres, infiniment petits pour la plupart, manifestent une activité très grande et se déplacent au moyen soit de pseudopodes, soit de prolongements filiformes qui sont les flagelles.

On a pu, à l'aide d'exemples très probants, montrer que les flagelles ne sont que des pseudopodes étirés plus ou moins longuement et dont la forme fixée, ainsi que le nombre, est devenue caractéristique pour les espèces : ainsi certaines espèces n'ont qu'un flagelle; beaucoup en possèdent deux, quelques-unes en ont davantage, assez rarement plus de quatre ou huit.

Ce nombre de flagelles à chaque division du corps, doit être doublé, afin que les nouveaux individus conservent leur structure normale. Le problème à résoudre était de savoir comment a lieu cette multiplication des flagelles qui accompagne la multiplication des individus.

Lorsqu'il s'agit du noyau, rien n'est plus facile actuellement que d'observer sa division en relation avec la bipartition des individus; pour ce qui est des flagelles, il en est différemment : ce sont des filaments d'une ténuité extrême, difficiles à apercevoir, même aux plus forts grossissements, ce qui explique qu'on soit jusqu'ici resté dans l'incertitude sur leur mode de naissance.

Toutefois, on savait déjà depuis assez longtemps que, chez certaines espèces tout au moins, les flagelles nouveaux naissent de *novo*, ce qui veut dire qu'à chaque bipartition du corps, il se produit une filtration du cytoplasme incolore et homogène au travers de la membrane : à chaque pore de filtration correspond un flagelle nouveau.

Nous avions même réussi à suivre les stades successifs de cette formation dans une espèce favorable à cet examen délicat, chez le *Stephanosphæra Fabreæ* (1) : le mode de répartition des flagelles aux nouveaux individus avait été indiqué de manière certaine, chacun emportait un flagelle d'origine ancienne et un flagelle apparu de *novo* par filtration.

Mais certains savants avaient envisagé la possibilité d'une multiplication des flagelles par une fission longitudinale du filament, mais sans en apporter la preuve.

C'est cette preuve que nous apportons aujourd'hui, pour ce qui est de l'*Oxyrrhis marina*.

Au cours de recherches effectuées sur la structure et le développement des Péridiniens, et qui sont à l'impression nous avions remarqué qu'au moment où le noyau se prépare en vue d'une haplomitose normale, il y avait déjà deux flagelles d'égale longueur et parallèles entre eux depuis la base jusqu'au sommet.

Cette disposition ne semblait guère pouvoir concorder avec la naissance par filtration de l'un des flagelles; aussi nous avons multiplié nos observations et nous avons réussi à fournir la preuve que si, chez certaines espèces comme le *Stephanosphæra Fabreæ*, il est certain que les nouveaux flagelles naissent de *novo* par filtration du cytoplasme, il est non moins incontestable que, chez l'*Oxyrrhis marina*, les flagelles se dédoublent sur toute leur longueur à chaque bipartition du corps.

Le phénomène débute de très bonne heure, alors qu'aucun étranglement du corps n'existe encore : le noyau lui-même est encore indivis : toutefois, son allongement en biscuit selon le grand axe et la tendance des chaînettes de chromomères à s'orienter suivant cet axe, indiquent l'approche de la division du noyau.

C'est à ce moment précis que le flagelle longitudinal, qui jusqu'ici se montrait homogène, laisse apercevoir en son centre un axe très fin et plus sombre que la gaine qui l'entoure : c'est par dissolution de cet axe, qui s'élargit dans un plan diamétral, que le flagelle se dédouble; les deux

---

(1) *Le Botaniste*, 12, 1902, p. 1.

moitiés, en se séparant restent d'abord parallèles et nettement distinctes à une distance de 2$^{\mu}$ environ : puis les deux nouveaux flagelles s'écartent progressivement en formant un angle variable à partir de la base commune d'insertion. Pendant quelque temps, les deux flagelles au début de leur séparation restent indivis sur une longueur de 10 à 15$^{\mu}$. Le flagelle transversal subit de son côté une bipartition analogue, et nous avons remarqué qu'il est parfois encore sans changement apparent dans toute sa partie basilaire alors que l'autre extrémité est déjà dédoublée.

Après les constatations que nous venons de faire, il reste à déterminer dans les différents groupes d'organismes inférieurs, le mode de naissance des flagelles qui prédomine; formation de *novo* par filtration ou formation par dédoublement, et à tirer de ces observations les conclusions générales qui s'imposeront.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Actions totales exercées sur l'aimantation dans un système de corps isotropes.* Note [1] de M. **Louis Roy.**

Le principe de la conservation de l'énergie et le théorème des forces vives appliqués à une modification élémentaire d'un système conduisent à l'égalité

$$\delta\mathcal{T}_i = -\,\delta U - \mathfrak{C}\,\delta Q, \tag{1}$$

$\delta\mathcal{T}_i$ désignant le travail élémentaire des forces intérieures, δU l'accroissement de l'énergie interne du système, δQ la quantité de chaleur dégagée, $\mathfrak{C}$ l'équivalent mécanique de la chaleur. Cette égalité a été le point de départ de la théorie des actions électrodynamiques et électromagnétiques, que P. Duhem a autrefois développée d'après Helmholtz et qui conserve l'avantage de s'appliquer à des courants quelconques, de conduction et de déplacement, uniformes ou non.

Le corps aimanté considéré par Duhem était un aimant permanent rigide, pour lequel seulement il était possible de calculer avec certitude les variations $\delta(\mathcal{A}, \mathcal{B}, \mathcal{C})$ des composantes, suivant les axes de coordonnées rectangulaires $Oxyz$, de l'intensité d'aimantation dans la modification élémentaire considérée. Le cas de l'aimant parfaitement doux, rigide ou déformable, se trouvait ainsi exclu. Or on reconnaît que la considération

[1] Séance du 10 octobre 1938.

d'un tel aimant ne présente plus de difficulté, si l'on prend soin de développer également les termes d'apparence purement magnétique du second membre de (1). En effet, l'application à ces termes de la loi de l'aimantation fait apparaître des termes électromagnétiques, précisément égaux en valeur absolue et de signes contraires aux termes gênants en $\delta(\mathcal{A}, \mathcal{B}, \mathcal{C})$ qu'introduit, dans la partie électromagnétique du travail, la considération d'aimants parfaitement doux. Les termes en $\delta(\mathcal{A}, \mathcal{B}, \mathcal{C})$ qui subsistent sont donc relatifs aux seuls aimants permanents, pour lesquels le calcul de ces variations ne présente aucune difficulté.

On reconnaît d'autre part que, dans les actions élémentaires qui s'exercent sur un aimant parfaitement doux déformable, il est impossible de séparer complètement ce qui est purement magnétique de ce qui est électromagnétique, la séparation complète n'apparaissant que dans la résultante et le moment résultant des forces élémentaires. Considérons donc les actions totales (dues à l'aimantation et aux courants) qui s'exercent sur l'aimantation d'un système de corps isotropes et soient, tout d'abord, ε' la constante fondamentale des actions magnétiques, $\mathfrak{S}$ la densité superficielle de la distribution fictive équivalente de l'aimantation, $(\mathfrak{X}, \mathfrak{Y}, \mathfrak{Z})$ le champ magnétique total (dû à l'aimantation et aux courants), $\mathcal{G}$ la fonction définie par

$$\mathcal{G} = \mathcal{F} - \rho\frac{\partial \mathcal{F}}{\partial \rho},$$

$\mathcal{F}$ étant une fonction de l'intensité d'aimantation $\mathcal{J}$, de la densité ρ et de la température T en un point (x, y, z), liée, pour un corps parfaitement doux, à la susceptibilité magnétique $\varkappa$ en ce point par la relation

$$\frac{\mathcal{J}}{\varkappa} = \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial \mathcal{J}}.$$

Cela posé, voici les résultats que fournit le développement complet du second membre de (1) :

I. *Aimant parfaitement doux déformable*. — En chaque point M de la surface S d'un tel aimant s'exerce la tension normale

$$(2) \qquad 2\pi\varepsilon'\mathfrak{S}^2 + |\mathcal{A}\mathfrak{X}| - \mathcal{G},$$

comptée positivement vers l'extérieur du corps. Le premier terme en a été indiqué pour la première fois par M. Alfred Liénard (*La Lumière électrique*,

1894, p. 7 et 67); le second désigne le produit scalaire des vecteurs $(\mathcal{A}, \mathcal{B}, \mathcal{C})$ et $(\mathfrak{X}, \mathfrak{Y}, \mathfrak{Z})$ (²).

En chaque point intérieur de cet aimant s'exerce la force par unité de volume de composantes

$$(3) \qquad -\frac{\rho}{\varkappa}\frac{\partial \varkappa}{\partial \rho}\left(\mathfrak{X}\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial x}+\mathfrak{Y}\frac{\partial \mathcal{B}}{\partial x}+\mathfrak{Z}\frac{\partial \mathcal{C}}{\partial x}\right)+\frac{\partial \mathcal{G}}{\partial \rho}\frac{\partial \rho}{\partial x}+\frac{\partial \mathcal{G}}{\partial \mathrm{T}}\frac{\partial \mathrm{T}}{\partial x}, \quad \ldots.$$

Ainsi qu'il a été dit, on voit que les termes en $\mathcal{G}$ des actions élémentaires (2) et (3) empêchent de séparer entièrement ce qui est dû à l'aimantation de ce qui est dû aux courants.

La résultante et le moment résultant des forces élémentaires résultant de (2) et (3) peuvent être calculés comme si l'aimant était soumis, en chaque point de sa surface, à la tension $2\pi\varepsilon'\mathfrak{S}^2$ de M. Liénard et à la force par unité de volume de composantes

$$\mathcal{A}\frac{\partial \mathfrak{X}}{\partial x}+\mathcal{B}\frac{\partial \mathfrak{Y}}{\partial x}+\mathcal{C}\frac{\partial \mathfrak{Z}}{\partial x}, \quad \ldots.$$

On voit que, dans les éléments de cette réduction, la séparation des termes dus à l'aimantation et aux courants est complète, puisque la fonction $\mathcal{G}$ a disparu.

II. *Aimant permanent rigide.* — La résultante et le moment résultant des forces qui s'exercent sur un tel aimant peuvent être calculés par la règle précédente, sauf à ajouter à la tension et à la force par unité de volume le couple par unité de volume de composantes

$$\mathcal{B}\mathfrak{Z}-\mathcal{C}\mathfrak{Y}, \quad \mathcal{C}\mathfrak{X}-\mathcal{A}\mathfrak{Z}, \quad \mathcal{A}\mathfrak{Y}-\mathcal{B}\mathfrak{X}.$$

III. *Aimant parfaitement doux rigide.* — La résultante et le moment résultant peuvent être calculés par la même règle que pour l'aimant parfaitement doux déformable.

M. **H. Colin** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *Les grands courants d'idées en sélection betteravière.*

(²) Le champ magnétique dû à l'aimantation étant discontinu à la traversée de S, il en est de même du champ magnétique total. Dans l'expression (2), $(\mathfrak{X}, \mathfrak{Y}, \mathfrak{Z})$ ne désigne pas le champ magnétique total en M, mais la limite vers laquelle tend ce champ en un point M' *intérieur* à l'aimant, quand M' tend vers M.

NOMINATIONS.

M. A. **Guilliermond** est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument élevé à la mémoire de Henri Lecomte, à Planois, commune de Basse-sur-le-Rupt, Vosges, le dimanche 30 octobre 1938.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

K. G. Meldahl. *Tidal Forces in the Sun's Corona due to Planets.*

M. le **Maire de La Ville-du-Bois** invite l'Académie à se faire représenter, le 23 octobre 1938, à l'inauguration d'une *Plaque commémorative* dans la propriété qu'habita, il y a trois cent cinquante ans, Ambroise Paré.

M. A. **Gosset** est désigné.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un test général pour la convergence uniforme des séries de Fourier.* Note de M. **Raphaël Salem**, présentée par M. Paul Montel.

Soient $f(x)$ une fonction continue, $\omega(\delta)$ son module de continuité, $\varphi(t)$ la fonction $f(x+t)-f(x)$. Soit [1]

$$I=\int_0^\pi [\varphi(t)+\varphi(-t)]\frac{\sin nt}{t}\,dt.$$

Considérons d'abord l'intégrale de $\varphi(t)\sin nt/t$ et partageons l'intervalle d'intégration en deux par le point π/n. La première intégrale obtenue est

[1] Cf. Zygmund, *Trigonometrical Series,* Varsovie, 1935, p. 24.

en valeur absolue inférieure à $\pi\omega(\pi/n)$. Pour la seconde on a

$$(1)\qquad \int_{\frac{\pi}{n}}^{\pi}\frac{\varphi(t)}{t}\sin nt\,dt=\int_{\frac{\pi}{n}}^{\frac{2\pi}{n}}\left[\sum_{k=0}^{n-2}(-1)^k\frac{\varphi\left(t+k\frac{\pi}{n}\right)}{t+k\frac{\pi}{n}}\right]\sin nt\,dt$$

$$=-2\sum_{k=0}^{n-2}(-1)^k\frac{\varphi\left(\theta+k\frac{\pi}{n}\right)}{n\theta+k\pi},$$

θ étant compris entre π/n et $2\pi/n$. Nous pouvons, sans inconvénient, supposer n impair. On a

$$\frac{\varphi\left(\theta+2h\frac{\pi}{n}\right)}{n\theta+2h\pi}-\frac{\varphi\left(\theta+\overline{2h+1}\frac{\pi}{n}\right)}{n\theta+\overline{2h+1}\pi}$$

$$=\frac{\varphi\left(\theta+2h\frac{\pi}{n}\right)-\varphi\left(\theta+\overline{2h+1}\frac{\pi}{n}\right)}{n\theta+2h\pi}+\varphi\left(\theta+\overline{2h+1}\frac{\pi}{n}\right)\left[\frac{1}{n\theta+2h\pi}-\frac{1}{n\theta+\overline{2h+1}\pi}\right]$$

et

$$\left|\varphi\left(\theta+\overline{2h+1}\frac{\pi}{n}\right)\right|\left[\frac{1}{n\theta+2h\pi}-\frac{1}{n\theta+\overline{2h+1}\pi}\right]$$

$$<\omega\left(\overline{2h+3}\frac{\pi}{n}\right)\frac{1}{(2h+1)(2h+2)\pi}.$$

La somme de ces dernières quantités est inférieure, si $|f|<M$, à

$$\frac{1}{\pi}\omega\left(\overline{2q+1}\frac{\pi}{n}\right)+\frac{2M}{\pi}\frac{1}{2q+1}\qquad(2q+1<n-2)$$

et tend donc uniformément vers zéro avec $1/n$, comme on le voit en choisissant q convenablement.

D'autre part, on a

$$\frac{1}{n\theta+2h\pi}-\frac{1}{(2h+2)\pi}<\frac{1}{(2h+1)(2h+2)\pi}.$$

Donc, à des quantités près tendant uniformément vers zéro avec $1/n$, l'intégrale (1) est égale à $-1/\pi T_n(x+\theta)$, en posant

$$T_n(x)=\frac{f(x)-f\left(x+\frac{\pi}{n}\right)}{1}+\frac{f\left(x+\frac{2\pi}{n}\right)-f\left(x+\frac{3\pi}{n}\right)}{2}+\ldots$$

$$+\frac{f\left(x+\overline{n-1}\frac{\pi}{n}\right)-f(x+\pi)}{\frac{1}{2}(n+1)}.$$

Il suffit donc que $T_n(x)$, ainsi que l'expression qui s'en déduit par le changement de π en $-\pi$, tendent uniformément vers zéro avec $1/n$, pour que I tende uniformément vers zéro et que par suite la série de Fourier de $f(x)$ converge uniformément.

Ce test comprend plusieurs tests de convergence uniforme dont certains sont classiques; ainsi en particulier :

1° Le test de Dini-Lipschitz : $\omega(\pi/n)\log n \to 0$ en est une conséquence immédiate;

2° Le test de Jordan également, puisque

$$|T_n(x)| < \omega\left(\frac{\pi}{n}\right)\left[1+\frac{1}{2}+\ldots+\frac{1}{m}\right]+\frac{V}{m+1},$$

V étant la variation totale de f; m étant choisi convenablement, cette expression tend vers zéro avec $1/n$.

3° Plus généralement, soient $\Phi(u)$, $\Psi(v)$ deux fonctions complémentaires au sens de W. H. Young (²) définies pour u et v assez petits. Désignons par Δ_k la quantité $|f(x+\overline{2k-2}\,\pi/n)-f(x+\overline{2k-1}\,\pi/n)|$ et soit ε_k une fonction positive de k décroissant aussi lentement qu'on voudra et tendant vers zéro avec $1/k$. On a

$$\frac{\Delta_k}{k\varepsilon_k} < \Phi(\Delta_k)+\Psi\left(\frac{1}{k\varepsilon_k}\right).$$

Choisissons Ψ à croissance lente mais assez rapide pour que $\Sigma\Psi(1/k)$ converge; alors ε_k étant convenablement choisi, $\Sigma\Psi(1/k\varepsilon_k)$ convergera aussi. Si f est une fonction à *Φ-variation bornée* suivant la terminologie de L. C. Young (³), on aura

$$\sum_{1}^{\frac{1}{2}(n+1)} \frac{\Delta_k}{k\varepsilon_k} < A$$

A étant une constante; donc

$$|T_n(x)| < \omega\left(\frac{\pi}{n}\right)\left[1+\frac{1}{2}+\ldots+\frac{1}{m}\right]+\varepsilon_m A,$$

m étant choisi convenablement, cette quantité tend vers zéro avec $1/n$. On peut prendre, par exemple

$$\Psi(v)=\int_0^v \frac{dv}{|\log v|^{\frac{1}{\alpha}}}, \qquad \Phi(u)=\int_0^u e^{-u^{-\alpha}}\,du \qquad (0<\alpha<1)$$

(²) Cf. Zygmund, *Trigonometrical Series*, Varsovie, 1935, p. 64-65.

(³) L. C. Young, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 470-472.

et l'on voit que si f est à $\exp(-u^{-\alpha})$-variation bornée avec $\alpha < 1$, sa série de Fourier converge uniformément. Ce résultat améliore celui ($\alpha < 1/2$) que L. C. Young a déjà obtenu par une autre voie ([3]).

ÉLASTICITÉ. — *Sur le problème de la chute d'une masse sur un prisme rectiligne élastique.* Note ([1]) de M. **Louis Bergeron**, présentée par M. Émile Jouguet.

La solution analytique de ce problème a été obtenue par Boussinesq. Elle a été exposée par de Saint-Venant dans une Note annexe de sa traduction de la *Théorie de l'élasticité des corps solides* de Clebsch, p. 480 (k), et par Boussinesq lui-même dans *Application des potentiels à l'Étude de l'équilibre et du mouvement des solides élastiques*, p. 507 et suivantes.

Le but de notre Note est de montrer qu'il y a une solution graphique simple, laquelle conduit à une rectification des conclusions tirées par ces deux savants de leurs calculs.

Les principes de la construction graphique sont développés dans notre Mémoire de juillet-août 1937 à la Société des Ingénieurs civils et dans notre article du 1er avril 1937 de la *Technique Moderne*. L'application de cette méthode au cas de Boussinesq-Saint-Venant fournit des résultats qui paraissent mériter d'être signalés.

Une des conclusions des travaux de Boussinesq et de Saint-Venant est la suivante. La force au contact de la masse tombante et de la face de la barre est nulle, c'est-à-dire *le choc est terminé :*

au bout de deux allers et retours d'onde le long de la barre, c'est-à-dire

$$\text{au bout de } 2\,\frac{2L}{a} \text{ lorsque } \frac{Q}{G} = 1,728,$$

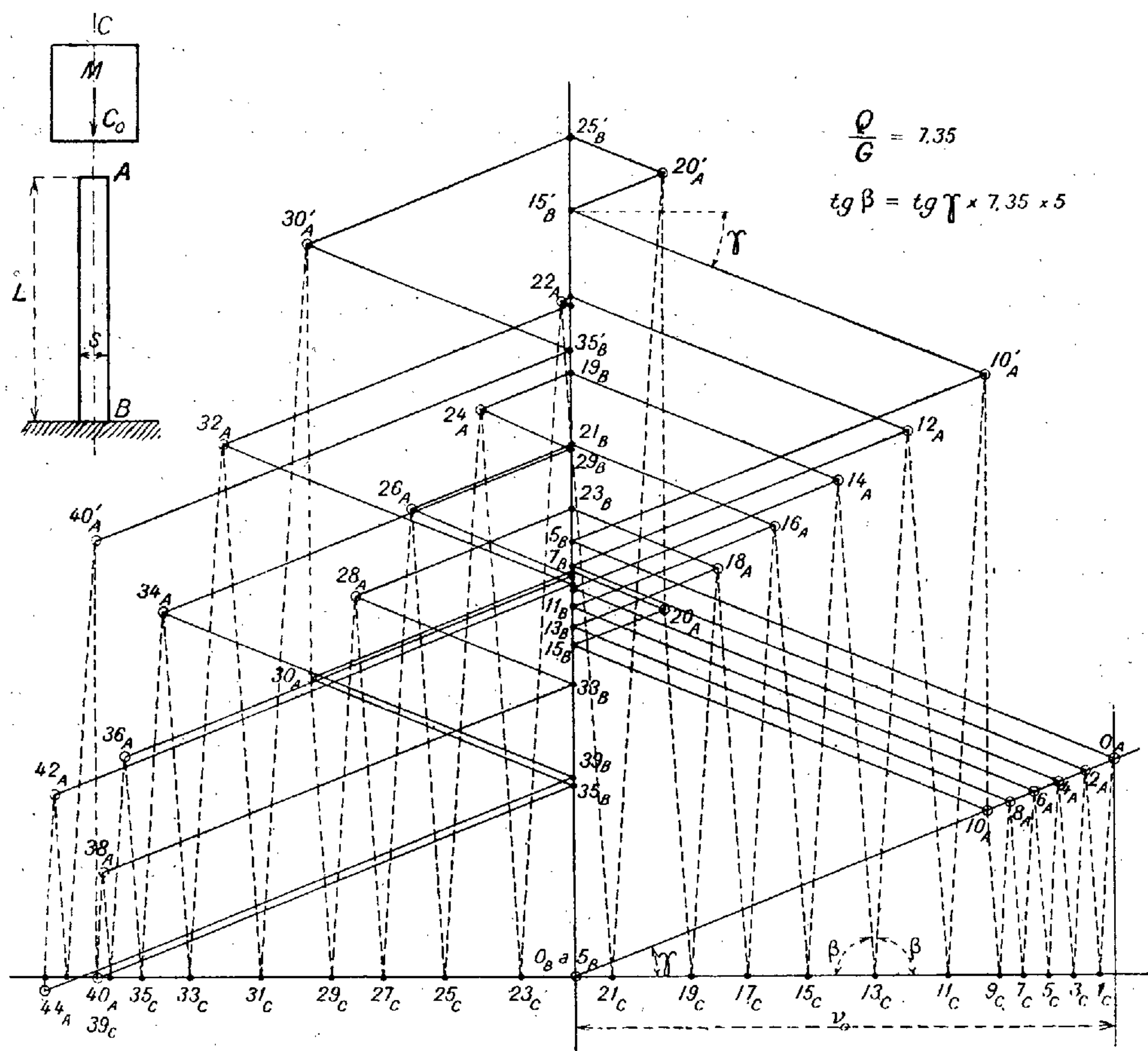
$$\text{au bout de } 3\,\frac{2L}{a} \quad \text{»} \quad \frac{Q}{G} = 4,151,$$

$$\text{au bout de } 4\,\frac{2L}{a} \quad \text{»} \quad \frac{Q}{G} = 7,350$$

(Q est le poids de la masse tombante et G le poids de la barre; L, la longueur de la barre; a, la célérité des ondes).

([1]) Séance du 1er août 1938.

L'épure (*fig.* 1), dont les ordonnées sont les forces dans la barre et les abscisses les vitesses des sections transversales dans le sens axial, correspond au cas $Q/G = 7,35$.



L'unité de temps choisie est le $1/10$ d'un aller et retour d'onde.

On voit qu'au temps 40 (c'est-à-dire $4 \times 2L/a$), le point figuratif du régime en A est le point 40_A qui est juste sur l'axe des abscisses, la force est donc bien nulle comme prévu. Mais instantanément, comme le montre le point $40'_A$, elle redevient positive et égale à deux fois la force initiale du choc, *et le choc continue*, pour ne se terminer qu'au moment où la force redevient nulle, mais cette fois en changeant de signe, au temps 44.

Cette variation brusque de la force en A se produit d'ailleurs à chaque

aller et retour d'onde, et donne les points simultanés de régime 20_A et $20'_A$.

Des épures faites pour $Q/G = 1,728$ et $Q/G = 4,151$ révèlent le même phénomène; la force au temps 20, c'est-à-dire $2 \times 2L/a$, sur l'une et 30, c'est-à-dire $3 \times 2L/a$ sur l'autre, est bien nulle, mais, instantanément, elle redevient positive et égale au double de la force initiale du choc pour s'annuler à nouveau respectivement au temps $2,3 \times 2L/a$ et $3,35 \times 2L/a$.

C'est d'ailleurs une loi : *le choc ne peut être terminé pour un nombre exact d'allers et retours d'onde*, contrairement à ce qu'avaient pensé Boussinesq et de Saint-Venant, mais toujours pour un *nombre fractionnaire*.

Cet exemple démontre l'exactitude et la précision de la méthode graphique, qui reconstitue rigoureusement les résultats prédits par Boussinesq et de Saint-Venant; il montre aussi son intérêt puisqu'elle permet d'ajouter à ces résultats un complément qui avait échappé à ces savants, mais que leurs formules mêmes leur auraient montré s'ils avaient poursuivi leur calcul.

HYDRAULIQUE. — *Vannes de fond, expériences de l'usine de Valentine.* Note (1) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Cette Note résume divers résultats obtenus dans la suite de nos recherches sur les vannes de fond.

I. Dans nos premiers travaux, nous avions étudié l'écoulement par une vanne de fond occupant toute la largeur d'un canal à plafond horizontal (2). Pour vérifier nos résultats sur un ouvrage industriel de grandes dimensions, nous avons effectué des mesures sur la vanne de 13^m de largeur commandant le canal d'amenée de l'usine hydroélectrique de Valentine sur la Garonne (*fig.* 1). La section normale du canal est trapézoïdale, mais, au droit de la vanne, elle devient rectangulaire et conserve sensiblement cette forme sur une longueur assez grande pour que l'on se trouve dans les conditions d'application des formules théoriques.

Nous avons déterminé avec précision la levée de la vanne A et le profil en long de la surface de l'eau, c'est-à-dire les quantités h_1, h', h_2 de nos

(1) Séance du 10 octobre 1938.

(2) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 409; 205, 1937, p. 649; 206, 1938, p. 96; 206, 1938, p. 164.

formules générales (²). Nous avons obtenu ainsi

$$A = 0^m,216, \quad H_1 \# h_1 = 4^m,14, \quad h' = 1^m,52, \quad h_2 = 1^m,94.$$

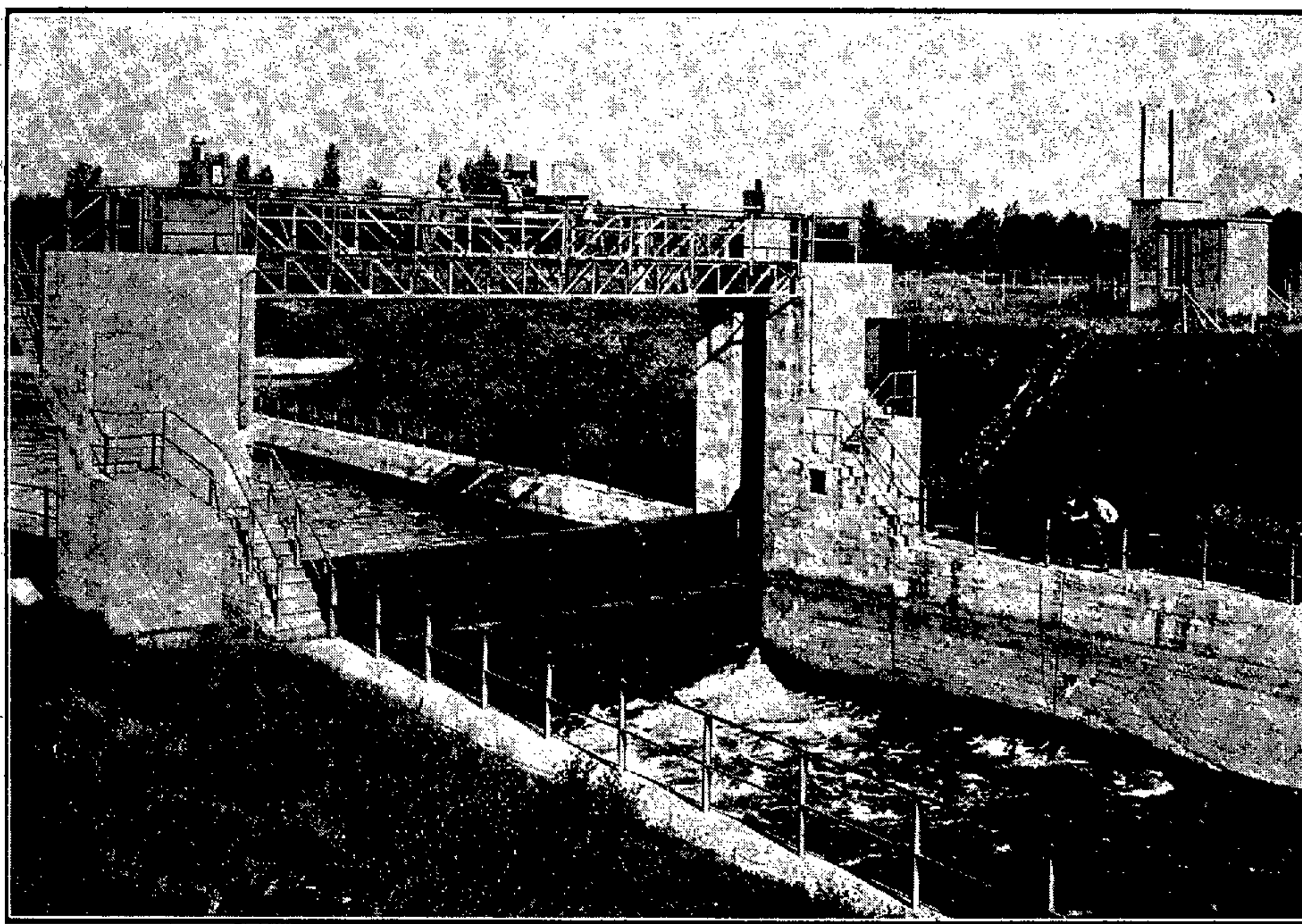
D'autre part, les formules générales font correspondre aux valeurs précédentes, de H_1, A, h_2 une valeur du débit

$$q = 0{,}945 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m},$$

et une valeur de h'

$$h' = 1{,}55 \text{ m}.$$

On voit la bonne concordance (2 pour 100 de divergence) entre la valeur



Photographie de la vanne étudiée.

ainsi calculée pour h' et celle que l'expérience nous a directement fournie.

II. D'autre part, nous avons repris nos recherches relatives au cas où il existe un décrochement entre les radiers amont et aval (³), en supposant que la vanne n'occupe qu'une fraction Kl de la largeur l du canal.

Les notations demeurant les mêmes que précédemment, sauf à désigner

(³) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1166; 206, 1938, p. 1447; 206, 1938, p. 1709.

maintenant par $q = Q/Kl$ le débit par unité de largeur dans la section contractée, les équations générales (16) et (18) sont remplacées par les équations

$$(20)\quad \left(\frac{h'}{A}-\frac{B}{A}\right)^2=\left(\frac{h_2}{A}-\frac{B}{A}\right)^2-\frac{2K}{g}\left(\frac{q}{A\sqrt{A}}\right)^2\frac{\frac{h_2}{K}-Km}{m\frac{h_2}{A}}+2\varepsilon\frac{B}{A}\left(\frac{h_2}{A}-\frac{h'}{A}\right),$$

$$(21)\quad \frac{q}{A\sqrt{A}}=m\sqrt{2g\left[\frac{H_1}{A}+\frac{B}{A}-\frac{h'}{A}\right]}.$$

De même, l'équation (18), relative à la valeur critique de h_2, est remplacée, dans le cas actuel, par

$$(22)\quad \left(\frac{h_2}{A}-\frac{B}{A}\right)^2-m^2-\frac{2K}{g}\left(\frac{q}{A\sqrt{A}}\right)^2\frac{\frac{h_2}{A}-Km}{m\frac{h_2}{A}}+2\varepsilon\frac{B}{A}\left(\frac{h_2}{A}-\frac{B}{A}-m\right)=0.$$

L'étude expérimentale nous a permis de retrouver les diverses caractéristiques d'écoulement observées dans le cas où la vanne s'étend d'une paroi à l'autre du canal; toutefois, il ne se produit plus de solutions multiples, par suite de la communication hydraulique latérale qui existe entre les rouleaux situés au-dessus et au-dessous de la veine. Suivant les valeurs respectives des niveaux amont et aval, on peut avoir l'écoulement à veine dénoyée dirigée vers le haut ou vers le bas, l'écoulement à veine noyée suivant l'une ou l'autre de ces deux orientations, ou encore l'écoulement limite avec veine dirigée vers le haut, mais, à tout système de valeurs des niveaux amont et aval, correspond un seul mode d'écoulement possible.

Les vérifications expérimentales des relations théoriques nous ont fourni de bons résultats, à condition d'adopter pour le coefficient ε les valeurs respectives 0,25, lorsque la veine est dirigée vers le haut et 1 quand la veine est dirigée vers le bas. Ces vérifications ont été effectuées pour des valeurs de B/A variant de 0,5 à 3, et des valeurs de h_1/A comprises entre 2 et 6. Elles ont porté sur la détermination de la valeur critique de la retenue aval et sur les relations entre $q/A\sqrt{A}$, h_1/A, h_2/A, et h'/A dans le fonctionnement à veine noyée.

Nous avons également étudié les répartitions de pression le long du radier et la détermination du point d'éclatement.

MAGNÉTISME. — *Sur la production de divers produits magnétiques à partir de* FeOOH. Note de M. **Robert Forrer**, transmise par M. Pierre Weiss.

Un des aspects les plus remarquables des propriétés magnétiques des corps consiste en ce qu'une substance bien définie quant à sa composition chimique, existe dans des états magnétiques différents sans que jusqu'à présent on ait réussi à mettre cette diversité en rapport avec les autres propriétés physiques. M. G. Foëx a donné de nombreux exemples de ces variétés magnétiques qui se manifestent dans l'étude du *para*magnétisme [1].

En *ferro*magnétisme, l'étude du sesquioxyde de fer provenant par déshydratation d'un hydrate Fe OOH que je dois à M. Hilpert, m'a fourni un cas particulièrement significatif de cette multiplicité d'états. Fe OOH est préparé par l'hydrolyse de l'oxychlorure de fer Fe OCl par l'ammoniaque à 20 pour 100 de NH^3. Le chlore est alors remplacé par OH.

Le résultat de l'analyse thermomagnétique est le suivant :

FeOOH, dans l'état obtenu par la préparation, est non ferromagnétique. Quand on chauffe il se déshydrate et, suivant le mode d'échauffement et la température atteinte, fournit des produits différents :

1° Dans un échauffement rapide (30 degrés par minute) on observe l'apparition et la disparition d'un faible ferromagnétisme aux environs de 275°C. Ce premier produit est alors non ferromagnétique dans toute l'échelle des températures.

2° Dans un échauffement lent (1 degré par minute), par contre, apparaît entre 250° et 275° [2] un fort ferromagnétisme qui, dans cet intervalle, augmente linéairement avec la température et se conserve ensuite aux températures plus basses. Il est caractérisé par un point de Curie situé à 350°C environ qui ne peut être déterminé que par extrapolation.

3° Aux températures supérieures à 275° on obtient progressivement un

(1) G. Foëx, *Mémorial des Sciences physiques*, 27, 1935,

(2) Les températures de 250° et 275° ont une signification simple dans la doctrine des contacts (R. Forrer, *Ann. de Phys.*, 7, 1937, p. 429, et *J. de Phys.*, 8, 1937, p. 241). Ce sont celles de la rupture de trois contacts avec les facteurs $F = 302°$ et $F = 316°$, qui présentent entre eux la différence caractéristique de $\tau = 14°$.

deuxième état ferromagnétique caractérisé par un point de Curie à 520°, état stable seulement aux températures plus basses.

4° Un échauffement prolongé vers 600° donne un produit non ferromagnétique.

M. Hilpert a déterminé la composition chimique et le réseau cristallin de ces quatre produits. Tous les quatre ont exactement la composition correspondant à Fe^2O^3.

Les deux produits non ferromagnétiques 1° et 4°, ainsi que le produit 3°, ferromagnétique, cristallisent dans le réseau de α-Fe^2O^3 rhomboédrique. Le produit 2°, ferromagnétique, donne un diagramme diffus avec quelques lignes qui indiquent le réseau cubique de γ-Fe^2O^3.

L'identité des produits 1° et 4° est rendue probable par les propriétés magnétique et cristallographique.

Les produits 2° et 3° présentent une différence d'état physique au sens classique. Ils ont des réseaux différents et, tous deux ferromagnétiques, se distinguent par leur point de Curie.

Par contre le produit 3° ne se distingue que par son ferromagnétisme du produit 4°, de même réseau.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude des grandes gerbes cosmiques à 2800m d'altitude*. Note de MM. **Pierre Auger** et **Roland Maze**, présentée par M. Jean Perrin.

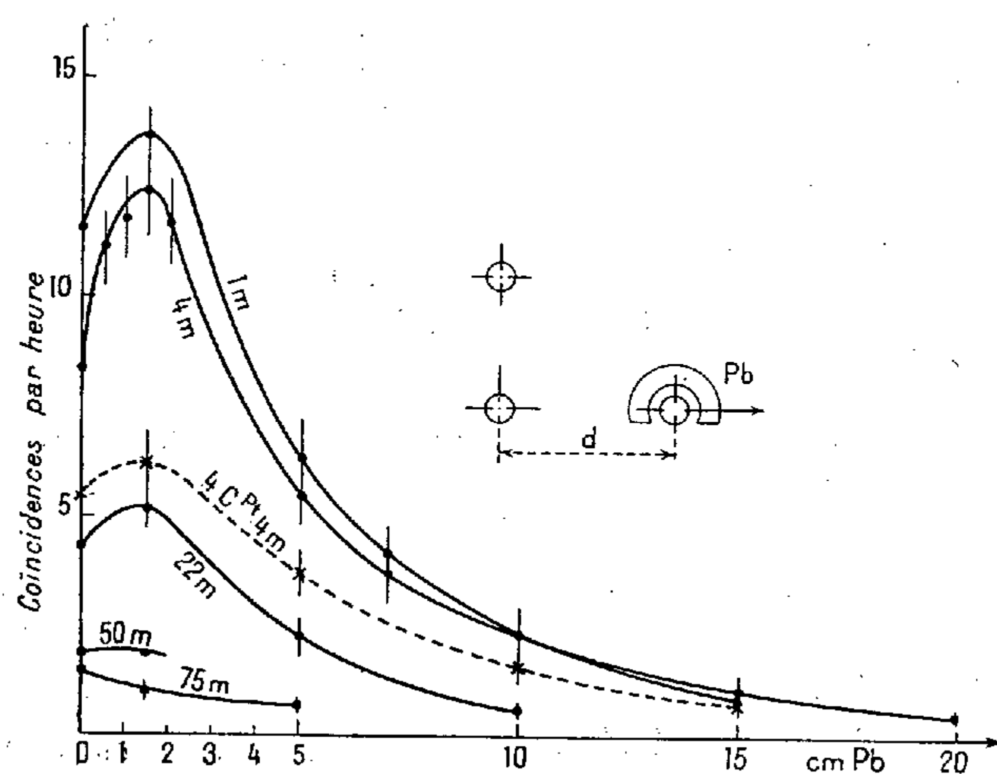
1. Nous avons montré (1) l'existence de très grandes gerbes de rayons cosmiques prenant naissance dans l'atmosphère. L'étude de ces phénomènes a été poursuivie par nous au cours de cet été dans deux laboratoires de haute altitude, la station scientifique du Jungfraujoch (alt. 3500m) et l'Observatoire du Pic du Midi (alt. 2800m). La présente Note est relative aux résultats obtenus au Pic du Midi, avec des compteurs de Geiger en coïncidence.

2. Le nombre de coïncidences obtenues par heure, avec un même groupement de compteurs, est beaucoup plus grand en altitude qu'au niveau

(1) P. Auger, R. Maze et Th. Grivet-Meyer, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1721; P. Auger, R. Maze, *ibid.*, 207, 1938, p. 228. Une Note de M. Kolhörster, Matthes et Weber, parue en septembre (*Naturwiss.*, 26, 1938, p. 576) confirme nos premiers résultats.

de la mer. Ainsi le groupe de 3 compteurs disposés à une distance horizontale extrême de 4^m a donné, à Paris 1,4 choc par heure, et, à 2800^m d'altitude, 8. La répartition spatiale des branches des gerbes a été étudiée en observant la décroissance du nombre de coïncidences lorsqu'un des compteurs était progressivement éloigné des deux autres. Sur la figure, les ordonnées à l'origine des différentes courbes donnent les nombres obtenus pour les distances de 1, 4, 22, 50 et 75^m.

3. Le pouvoir pénétrant moyen des particules contenues dans ces gerbes a été étudié dans des écrans de plomb disposés sous forme de voûtes



au-dessus d'un des compteurs (*voir* la figure). Les deux autres étaient toujours situés l'un à 21^{cm} au-dessus de l'autre. La figure donne la variation du nombre de coïncidences par heure en fonction de l'épaisseur de l'écran pour les cinq distances d utilisées. Aux petites distances, on observe un fort accroissement des nombres de gerbes pour les premiers centimètres d'écran, ce qui démontre la présence d'électrons et de photons de grande énergie, producteurs de gerbes en cascade dans le plomb, celui-ci accroissant par conséquent l'efficacité du compteur sous-jacent. Pour les épaisseurs plus grandes de l'écran les nombres décroissent, mais restent mesurables jusqu'au delà de 15^{cm}. Il faut évidemment tenir compte de l'influence des gerbes diffuses et même remontantes qui peuvent atteindre le compteur par dessous et par les extrémités, mais le fait qu'une décroissance est observée entre 10 et 20^{cm} d'écran nous semble rendre très probable l'existence de corpuscules pénétrants dans les grandes gerbes. Aux grandes distances

une décroissance se produit déjà pour $1^{cm},5$ de plomb, ce qui montre que le nombre des électrons et photons gerbigènes est très réduit; on note au contraire la présence de nombreux corpuscules très absorbables (50 pour 100 en 5^{cm} de plomb). La portion qui traverse plus de 5^{cm} de plomb contient probablement des corpuscules lourds; s'il ne s'agit que d'électrons, ils présenteraient nécessairement une très grande énergie et l'énergie totale de la gerbe serait beaucoup plus élevée que nous ne l'indiquons plus loin.

4. L'évaluation de la densité moyenne superficielle des trajectoires (nombre de corpuscules par mètre carré) a été faite en comparant les nombres de coïncidences obtenues aux mêmes distances avec 3 et 4 compteurs (*voir* les Notes précédentes et courbe pointillée sur la figure). Les nombres sont de l'ordre de ceux trouvés à Paris, 25 à 50 au mètre carré. L'évaluation du nombre total de corpuscules contenus dans les grandes gerbes est très hasardeuse, car nous ne connaissons pas leur répartition dans l'espace; il peut certainement dépasser 10^4. Nous avons pu obtenir à 3500^m d'altitude (avec P. Ehrenfest) des clichés de chambre à détente commandée par des compteurs tous éloignés à plus de 1^m. Ils portent très fréquemment des trajectoires multiples, et aussi des gerbes abondantes produites dans les plaques métalliques contenues dans l'appareil, confirmant les résultats ci-dessus.

5. On peut se représenter les grandes gerbes atmosphériques comme une formation intense de corpuscules et de photons secondaires par gerbes en cascades ou par gerbes de Heisenberg à partir d'une particule de très grande énergie; près des points de divergence elles contiennent une proportion élevée d'électrons et de photons de grande énergie (gerbigènes pour l'air) qui se multiplient en se dégradant, et aussi des particules lourdes. Après un certain parcours, et par conséquent un certain étalement des branches, des électrons et photons gerbigènes ont disparu et il ne reste que des électrons secondaires de faible énergie et les particules lourdes. En combinant les évaluations de la surface couverte par les grandes gerbes et de leur pouvoir de pénétration, on peut évaluer à 5° l'angle de divergence moyen des particules de grande énergie dans ces gerbes; les plus grandes gerbes observées proviendraient donc de points de divergence situés à plus de 1000^m au-dessus des appareils. L'énergie totale contenue dans ces grandes gerbes est certainement très élevée, et l'évaluation de 10^{12} à 10^{13} eV donnée précédemment par nous est peut-être dépassée par les résultats obtenus en haute altitude, surtout si tous les

corpuscules présents sont des électrons. Cette énergie étant nécessairement apportée par un seul corpuscule à l'origine, cela représente la plus grande concentration d'énergie connue jusqu'ici.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Existence de deux mécanismes d'oxydation lente homogène des mélanges d'hydrogène et d'oxyde de carbone.* Note [1] de M. **Marcel Prettre.**

L'étude de la réaction hétérogène des mélanges d'oxyde de carbone, d'hydrogène et d'oxygène au contact du verre nous a montré [2] que cette transformation est uniquement régie par la pression d'hydrogène comme l'oxydation correspondante des mélanges oxhydriques purs. L'inflammation spontanée [3] et de nombreux phénomènes de combustion explosive [4] des mêmes mélanges ternaires sont également justiciables des lois valables pour le gaz tonnant. Les travaux résumés dans la présente Note ont été entrepris en vue de rechercher si les processus d'oxydation *homogène* du système $H^2 — CO — O^2$ présentent aussi une étroite analogie avec les réactions correspondantes des mélanges oxhydriques.

Cette oxydation a été étudiée entre 530 et 570°C. dans des récipients en verre pyrex par la méthode statique habituelle [5]. Divers mélanges d'oxyde de carbone et d'oxygène ont été additionnés de quantités plus ou moins grandes d'hydrogène et, pour chaque addition, la diminution de pression résultant de la réaction a été enregistrée en fonction du temps. Les courbes de la figure 1 représentent les variations de la vitesse initiale d'oxydation W_i de divers mélanges ternaires en fonction de la pression d'hydrogène, à 540°.

Les mélanges d'oxygène et d'oxyde de carbone pur ne subissent pratiquement aucune transformation à ces températures. Dès que l'on ajoute un peu d'hydrogène, la réaction observée correspond à l'oxydation de tout ce gaz et d'une fraction importante de l'autre combustible.

---

(1) Séance du 10 octobre 1938.

(2) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1734.

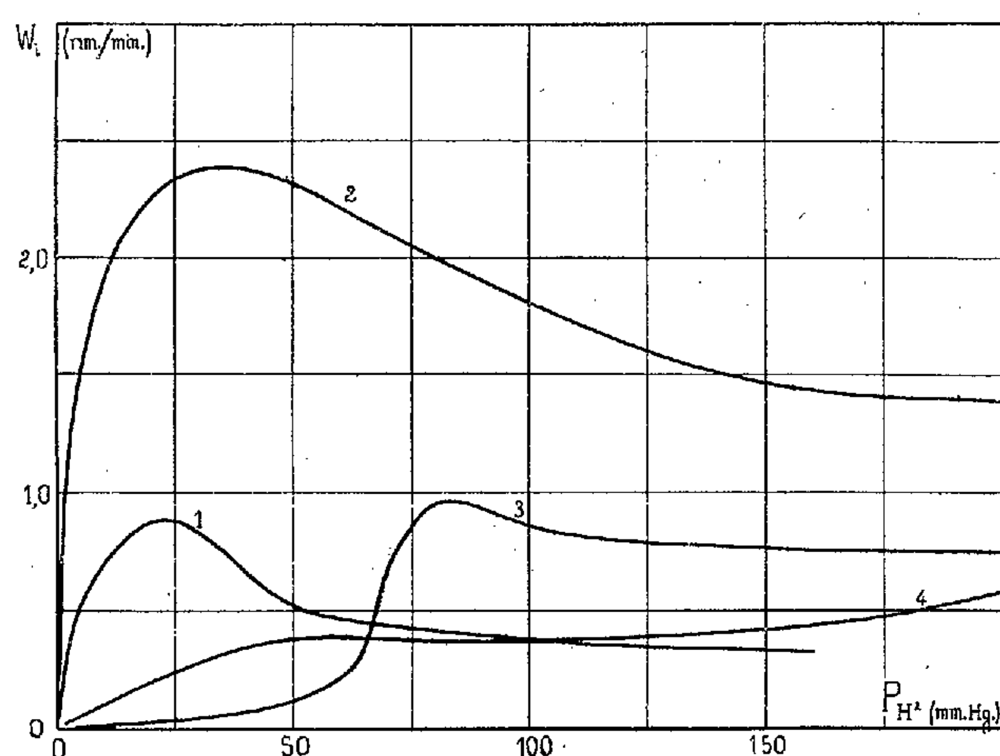
(3) Prettre, *Mémorial des Poudres*, 25, 1934, p. 531.

(4) Voir à ce sujet Prettre, *L'inflammation et la combustion explosive en milieu gazeux*, 2 vol., Paris, 1933-1934.

(5) Prettre, *Ann. Comb. liq.*, 11, 1936, p. 669.

Les courbes montrent que la vitesse initiale d'oxydation de ces mélanges ternaires croît tout d'abord avec la pression d'oxygène; mais cette augmentation cesse bientôt, la vitesse diminue ou reste constante dans un large domaine de concentrations en hydrogène. Si l'addition de ce gaz est encore plus forte, la vitesse d'oxydation augmente à nouveau.

Des variations aussi anormales de l'oxydabilité des mélanges ternaires



Courbe 1, mélanges titrant 100mm CO et 50mm O^2; courbe 2, mélanges titrant 200mm CO et 100mm O^2; courbe 3, mélanges titrant 240mm CO et 60mm O^2; courbe 4, mélanges titrant 120mm CO et 180mm O^2.

en fonction des concentrations ne peuvent être expliquées que par l'existence de deux mécanismes distincts d'oxydation. L'un concerne les mélanges dont la pression est peu élevée et dont la concentration en hydrogène correspond à l'augmentation rapide de vitesse, l'autre est responsable de l'oxydation se produisant aux pressions plus fortes. La transformation se ralentit quand le premier mécanisme fait place au second.

Il est bien connu que, dans les mêmes conditions expérimentales, les mélanges oxhydriques possèdent eux aussi deux mécanismes distincts de combustion homogène selon la pression. Le premier provoque l'inflammation aux basses pressions, le second ne donne généralement lieu qu'à une oxydation lente aux pressions plus considérables. L'oxydabilité du gaz tonnant diminue donc également quand la pression s'élève au delà d'une certaine valeur qui correspond au changement de mécanisme.

Par conséquent, il y a bien une étroite analogie entre les réactions homo-

gènes de combustion spontanée des mélanges oxhydriques purs et celles des mélanges d'oxyde de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. La seule différence importante est qu'aux faibles pressions la réaction du gaz tonnant est explosive et que celle des mélanges ternaires demeure une transformation isotherme. L'oxyde de carbone est incapable de réagir directement avec l'oxygène, car il s'oxyde uniquement en présence d'hydrogène; il doit donc participer aux chaînes responsables de la combustion lente ou explosive des mélanges oxhydriques. Aux faibles pressions, cette participation entraîne un ralentissement de l'oxydation de l'hydrogène. L'oxyde de carbone, tout en permettant et en collaborant à la propagation des chaînes, doit s'opposer dans une certaine mesure à leur ramification fréquente, qui provoque l'inflammation du gaz tonnant pur à ces pressions.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation des dérivés halogénés du benzène avec les carbures non saturés et avec leurs dérivés halogénés sous l'influence de l'acide sulfurique concentré comme catalyseur.* Note de M. **Robert Truffault**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons indiqué (¹) qu'à l'aide de l'acide sulfurique comme catalyseur on pouvait condenser le benzène, non seulement avec les carbures non saturés, mais encore avec leurs dérivés halogénés. On avait ainsi, par une méthode très facile à mettre en œuvre, un mode nouveau de préparation de dérivés halogénés aromatiques possédant l'halogène dans la chaîne latérale, dérivés que l'on n'avait pu obtenir jusque-là que par des procédés beaucoup plus compliqués.

Le but de la présente Note est de montrer que cette méthode est susceptible de généralisation et qu'elle peut, en particulier, être étendue à la préparation d'autres dérivés halogénés aromatiques dont un certain nombre sont nouveaux. Nous avons effectué la condensation indiquée ci-dessus, non plus avec le benzène, mais avec les dérivés halogénés du benzène. Nous les avons fait réagir, d'abord sur quelques carbures non saturés, ensuite sur des dérivés halogénés non saturés. Nous avons ainsi obtenu, d'une part, des dérivés monohalogénés aromatiques, l'halogène étant cette fois dans le noyau, et, d'autre part, des dérivés dihalogénés contenant un halogène dans le noyau et un halogène dans la chaîne latérale, l'halogène du noyau pou-

(¹) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1286.

vant d'ailleurs être différent de celui de la chaîne latérale. Voici quelques-uns de nos résultats ([2]) :

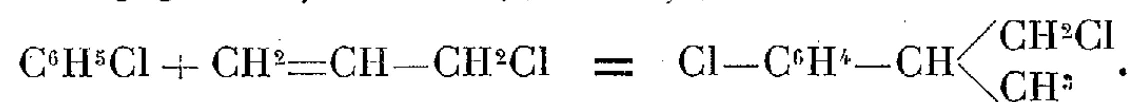
En condensant d'après la méthode indiquée ci-dessus ([1]) les *chloro- et bromobenzène avec le cyclohexène*, nous avons obtenu respectivement, avec des rendements de 50 à 70 % :

1° le *p*-chlorocyclohexylbenzène; $Éb_{16}$ 134°; d^{20} 1,070; n_D^{20} 1,5400; R. M. calc. 56,7, tr. 57,03; Cl % calc. 18,25, tr. 18,15;

2° le *p*-bromocyclohexylbenzène; $Éb_{16}$ 146°; d^{19} 1,289; n_D^{20} 1,5605; R. M. calc. 59,58, tr. 60,0; Br % calc. 33,43, tr. 33,2.

La fixation du cyclohexène sur le noyau benzénique s'effectue essentiellement en para. Le dérivé chloré fraction $Éb_{16}$ 133-134° du produit de condensation traité par une solution sulfurique d'acide chromique donne par oxydation l'acide *p*-chlorobenzoïque (F. 236° — F mélange 237°). Le dérivé bromé donne facilement un magnésien qui, traité par le gaz carbonique, conduit à l'acide *p*-cyclohexylbenzoïque (F. 200°). Ces dérivés avaient été préparés par H. A. Mayes et E. Turneur ([3]) en faisant réagir, en présence de chlorure d'aluminium, le chlorure de cyclohexyle sur les chloro-ou bromobenzène.

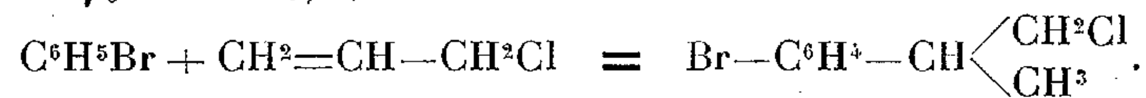
Par condensation du *chlorobenzène avec le chlorure d'allyle* nous avons obtenu un dichloropropylbenzène Eb_{16} 117°; d^{21} 1,185; n_D^{20} 1,538; R. M. calc. 49,9, tr. 49,9; Cl % calc. 37,5, tr. 37,65.



$$C^6H^5Cl + CH^2{=}CH{-}CH^2Cl = Cl{-}C^6H^4{-}CH\left\langle\begin{matrix}CH^2Cl\\CH^3\end{matrix}\right. .$$

Par analogie avec le produit de condensation benzène et chlorure d'allyle dont nous avons établi la constitution ([4]), nous considérons ce composé comme étant le *p*-chlorophényl-2 chloro-1 propane.

Par condensation du *bromobenzène avec le chlorure d'allyle* nous avons obtenu un chlorobromopropylbenzène Eb_{15} 134-135°; d^{21} 1,416; n_D^{21} 1,558; R. M. calc. 52,8, tr. 53,2; halogène total % calc. 49,4, tr. 49,1; dosage chlore et brome effectué par la méthode électrométrique : Cl % calc. 15,2, tr. 15,3; Br. % calc. 34,2, tr. 33.



$$C^6H^5Br + CH^2{=}CH{-}CH^2Cl = Br{-}C^6H^4{-}CH\left\langle\begin{matrix}CH^2Cl\\CH^3\end{matrix}\right. .$$

([2]) Communication à la section Strasbourg-Mulhouse de la *Soc. Chim. de France*, juin 1938.

([3]) *J. Chem. Soc. London*, 1929, p. 503.

([4]) R. TRUFFAULT, *Bull. Soc. Chim. de France*, 5e série, 4, 1937, p. 1185.

L'acide sulfurique concentré peut donc être utilisé comme agent de condensation pour la préparation d'un certain nombre de dérivés halogénés aromatiques. Son emploi est particulièrement intéressant quand on veut obtenir des composés contenant un halogène dans la chaîne latérale, cas où les méthodes au chlorure d'aluminium ne peuvent être utilisées. Ces dérivés halogénés, d'obtention facile et de grande réactivité, seraient susceptibles de rendre des services en synthèse organique.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Observations du champ électrique de l'atmosphère en mer.* Note de M. **Jules Rouch**, présentée par M. Charles Maurain.

Au cours d'un voyage effectué au mois d'août et au mois de septembre 1938 à bord du navire pétrolier français *Émile-Miguet*, du Havre à Tripoli de Syrie, nous avons effectué trente mesures du champ électrique de l'atmosphère dans l'océan Atlantique et en Méditerranée.

Le dispositif employé est le même qui m'a servi il y a 30 ans à bord du *Pourquoi-pas?* et que j'ai décrit en détail dans le mémoire consacré à l'Électricité Atmosphérique, dans la collection des Documents Scientifiques de la Deuxième Expédition Antarctique Française (Paris 1913). Depuis cette époque, je me sers toujours du même électroscope Elster et Geitel, de la même canne d'ébonite, des mêmes égaliseurs de potentiel au radium.

Les observations à bord d'un grand navire pétrolier comme l'*Émile-Miguet* sont beaucoup plus faciles qu'à bord d'un petit voilier tel qu'était le *Pourquoi-pas?* D'abord la stabilité de plate-forme est telle que les lectures de l'électroscope ne présentent aucune difficulté. D'autre part le gréement est réduit à sa plus simple expression et il existe plusieurs endroits convenables où l'on observe un champ mesurable. Enfin l'appareil moteur et les cuisines sont à l'arrière du bâtiment; j'observais à une centaine de mètres des cheminées, et les fumées n'ont jamais été gênantes.

Par contre, dans l'atmosphère saturée de sel marin, l'isolement de la canne d'ébonite a été assez difficile à maintenir. J'ai toujours vérifié cet isolement pendant les mesures.

Comme je n'avais qu'un électroscope à ma disposition, il n'a pas été possible de faire des mesures de réduction au plan. Toutefois, à mon arrivée sur les côtes de Syrie, j'ai effectué quelques mesures sur le rivage, dans des conditions qui m'ont paru acceptables pour la mesure absolue du

champ. J'ai trouvé, aux environs de Beyrouth, comme moyenne de six mesures effectuées pendant cinq jours successifs du mois de septembre, un champ moyen de 140 volts par mètre. Mes dernières mesures à bord au large de la côte donnaient un champ de 200 volts. Comme grossière approximation, on peut donc admettre que le champ électrique que j'observais à bord doit être multiplié par 0,7 pour donner la valeur du champ par mètre.

Les principaux résultats de mes mesures sont les suivants :

Dans le golfe de Gascogne et sur les côtes du Portugal, le champ varie au mois d'août de 100 à 130 volts. Ces valeurs du champ sont assez voisines de celles que j'ai observées à peu près à la même époque de l'année à bord du *Pourquoi-pas ?* en 1908.

Au détroit de Gibraltar, le champ monte jusqu'à 210 volts, puis il diminue ensuite à 130 et 140 volts sur les côtes d'Algérie. Il remonte de nouveau entre la Sicile et la Tunisie à 250 volts. Il diminue lentement à mesure qu'on avance dans la mer Ionienne, et prend des valeurs variant de 100 à 140 volts entre les côtes sud de Grèce et la Syrie.

Comme je l'avais déjà constaté dans l'Atlantique à bord du *Pourquoi-pas ?*, le champ électrique de l'atmosphère a en mer des valeur plus fortes l'après-midi que le matin : la moyenne des observations faites entre 17^h et 19^h est le double de celles faites entre 8^h et 9^h. Sur 9 journées d'observations, deux seulement présentent pendant l'après-midi des champs inférieurs à ceux du matin.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches sur l'allantoïnurie humaine.* Note de MM. **Marcel Paget** et **Raoul Berger**, présentée par M. Richard Fosse.

L'imprécision, parfois même l'inexactitude grossière des procédés de recherche et de dosage antérieurement employés expliquent la contradiction existant entre les diverses données obtenues par les expérimentateurs attachés au problème de l'allantoïnurie humaine. La mise au point, par nos soins, d'une nouvelle méthode de dosage [1], basée sur les remarquables travaux de Fosse et de son école [2], nous a permis de corriger et

---

(1) *C. R. Soc. Biolog.*, **127**, 1938, p. 1312-1314.
(2) *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 426, 1067, 1418 et 1632; **192**, 1931, p. 1615.

de compléter quelques notions dont le bref exposé fait l'objet de la présente Note.

A. Nos recherches [3] ont montré que les *concentrations* allantoïnuriques étaient très variables, aussi bien chez les individus normaux que chez les malades. Elles peuvent évoluer entre 10 et 70^{mg}, les chiffres les plus communément rencontrés oscillant entre 15 et 25^{mg}. Il n'y a aucun rapport entre l'âge du sujet et son pouvoir de concentration allantoïnique. Si nous exceptons, en effet, les urines du nouveau-né, dont nous n'avons pu qu'ébaucher l'étude, nous avons noté que les concentrations du glyoxyldiurée dans les urines du jeune enfant et de l'adolescent étaient de même ordre de grandeur que celles des urines des adultes et des vieillards.

B. L'*élimination pro die* est très variable d'un sujet à l'autre. Chez les sujets normaux nous avons trouvé des débits allant de 20 à 70^{mg}.

L'étude de l'élimination de l'allantoïne au cours du nyctémère [4] nous a révélé que sa concentration et son débit étaient assez élevés dans l'urine du réveil. Nous avons noté également une élévation du débit allantoïnurique vers 17^h.

Cette élimination suit en général l'allure de celle de l'urée et de *façon plus irrégulière*, celle de l'acide urique. Nous avons établi que chez les individus normaux, le rapport (allantoïne $\times$ 100)/(bloc xantho-urique) avait une valeur moyenne égale à 4, ses limites de variations étant comprises entre 1 et 7. Le rapport (allantoïne $\times$ 1000)/urée est plus stable et varie seulement entre 1 et 3,5.

Le rapport (allantoïne $\times$ 100)/(bloc xantho-urique) peut être troublé dans certains cas pathologiques. Il est susceptible de s'élever chez les diabétiques et d'y atteindre des valeurs supérieures à 20, tandis que le rapport allantoïne/urée se maintient dans les limites de la normalité. Cette opposition entre les variations des deux rapports souligne une exagération d'un processus uricolytique dont l'existence ressort déjà de l'étude comparative de leurs limites d'oscillation à l'état normal. Le rapport (allantoïne $\times$ 100)/(bloc xantho-urique) est donc un véritable indice d'uricolyse.

C. La *diurèse* a une influence très sensible sur l'élimination du glyoxyldiurée. Nous l'avons vérifiée au cours d'expériences personnelles et de

---

(3) Notre étude a porté sur 90 sujets (65 normaux, 25 malades).

(4) Heures des repas (régime mixte), 8^h, 12^h, 19^h. Volume habituel des ingesta liquides, 1^l à $1^l,500$. Heures moyennes de recueil des urines, 8^h, 12^h, 17^h, 21^h.

recherches chez les diabétiques. Les débits peuvent atteindre des valeurs doubles, triples, des chiffres normaux. Cette hyperallantoïnurie est fonction d'une hyperactivité de l'uricolyse. Nous confirmons sur ce point les résultats d'A. Establier y Costa ([5]).

D. L'étude de l'épreuve d'élimination après ingestion *per os* de 250^{mg} d'allantoïne pure paraît nous autoriser à invoquer l'existence *in vivo* d'une allantoïnase, normalement peu active et d'une allantoïcase affaiblie.

La décharge allantoïnique se produit dans les 7 heures qui suivent l'ingestion. Toute l'allantoïne ingérée ne se retrouve pas dans les urines. Au contraire, *après une décharge massive*, sa concentration et son débit *baissent* rapidement et, 24 *heures après le début* de l'expérimentation, on n'en retrouve plus que des traces *infimes*, pratiquement indosables.

Il semble logique d'admettre que le mécanisme diastasique (allantoïnase) a été exalté pendant quelque temps, la dégradation ainsi provoquée devant aller jusqu'à l'urée puisque nous n'avons jamais pu identifier d'acide allantoïque dans les urines expertisées (activité allantoïcasique).

E. Deux facteurs seraient susceptibles d'accroître le faible pouvoir uricolytique de l'organisme humain : la rétention urique et la polyurie. L'étude physiopathologique de la goutte nous paraît devoir tenir compte de cette notion non encore définitivement établie, mais dont nous espérons démontrer ailleurs la réalité et le puissant intérêt.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la* trans-Δ^{5-6}-*déhydro-désoxo-androstérone*. Note ([1]) de MM. **Yves Raoul** et **Paul Meunier**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons préparé la *trans*-Δ^{5-6}-déhydro-désoxo-androstérone par réduction de la fonction cétonique en 17 de l'androsténone (*trans*-Δ^{5-6}-déhydro-androstérone) suivant la méthode de Clemmensen, à la limaille de zinc d'une part, et celle de Kishner-Wolff, à l'éthylate de sodium d'autre part. La fraction non réduite a été séparée au moyen du réactif de Girard et Sandulesco ([2]). Par ces deux méthodes nous avons obtenu le

([5]) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 650.

([1]) Séance du 19 septembre 1938.

([2]) *Helv. Chim. Acta*, **19**, 1936, p. 1095.

même corps qui, après recristallisation, se présente sous la forme d'aiguilles incolores fondant à 104°.

L'existence de la fonction alcool et sa configuration *trans* sont vérifiées par la précipitation avec le digitonoside. L'acétylation fait disparaître cette propriété (P. F. du dérivé acétylé 114°); après saponification, on retrouve l'alcool de P. F. 104°, précipitant par le digitonoside. L'analyse élémentaire des corps obtenus par l'une et l'autre méthode concorde avec la formule $C^{19}H^{30}O$.

Le spectre d'absorption ultraviolet ne présente aucune bande caractéristique; à partir de $270^{m\mu}$, la transparence de la solution alcoolique décroît assez rapidement : à $240^{m\mu}$, on trouve $E^{1\%}_{1\,cm} = 35$. Le pouvoir rotatoire spécifique est de +18°,5 pour la raie jaune du mercure et de +21°,3 pour la raie verte.

Ce corps possède une certaine activité androgène; elle est environ 250 fois plus faible que celle de la testostérone (essai sur la crête du chapon). L'activité œstrogène, déterminée sur la souris, est pratiquement nulle.

Remarque. — De Fazzi et Pirrone ([3]) disent avoir obtenu ce même alcool, qui n'est autre que le cholestérol privé de sa chaîne latérale, par pyrogénation de ce dernier en présence de chlorure cuivreux. Le produit obtenu se présentait sous forme d'aiguilles blanches fondant à 202-203°, différant donc tout à fait de la substance que nous avons préparée.

L'abaissement du point de fusion est fréquemment observé lorsque l'on passe d'une cétone au carbure correspondant. Aussi était-il peu vraisemblable *a priori* que l'androsténone, de P. F. 148°, conduisît à un corps fondant à 202°, comme le mentionnent les auteurs italiens. De plus la disparition de la chaîne latérale du cholestérol n'entraîne qu'un abaissement très faible de la teneur en carbone de la molécule, de 83,93 à 83,21 pour 100. Ainsi l'analyse élémentaire fournie par les auteurs italiens ne permet pas une identification certaine du corps décrit. Le produit obtenu par de Fazzi et Pirrone n'est pas la *trans*-Δ^{5-6}-déhydro-desoxo-androstérone.

1° *Réduction de l'androsténone par la méthode de Clemmensen.* — 13^{g} de limaille de zinc sont amalgamés avec 100^{cm^3} d'une solution à 5 pour 100 de Cl^2Hg pendant 4 heures à reflux. Après décantation, sans lavage, on ajoute 4^{g} d'androsténone et 40^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré dilué au demi. On fait bouillir à reflux pendant 6 heures avec agitation mécanique.

([3]) *Atti R. Acad. naz. Lincei, Rend.*, 23, 1936, p. 887.

Le produit de la réaction est extrait à l'éther. La solution éthérée est lavée à l'eau, au carbonate de sodium, puis de nouveau à l'eau. Après dessiccation sur du sulfate de sodium anhydre, elle est évaporée. Le résidu (3g) est soumis à l'action du réactif T de Girard et Sandulesco. Pour cela, on verse sur ce résidu 30^{cm^3} d'alcool éthylique absolu, 3g de réactif T et 3^{cm^3} d'acide acétique et l'on fait bouillir 1 heure à reflux. Après neutralisation par de la soude des 9/10 de l'acidité du mélange, on ramène le titre alcoolique à 10g environ par 270g d'un mélange de glace et d'eau. La fraction non cétonique est extraite par l'éther. Après évaporation, le résidu (0g,447) est distillé à 150° sous 0^{mm},001 de mercure. L'huile obtenue (0g,410) est reprise par l'acétate d'éthyle. Après concentration, la solution abandonne des cristaux en aiguilles (P. F. 104°).

La phase aqueuse précédente renfermait encore la fraction cétonique n'ayant pas réagi. Après acidification par SO^4H^2 jusqu'à demi-normalité et extraction par l'éther, on a recueilli 2g,5 d'androsténone.

2° *Réduction de l'androsténone par la méthode de Kishner-Wolff.* — Dans un tube on introduit 10g de semi-carbazone d'acétylandrosténone et 130g d'éthylate de Na (Na, 10g et C^2H^5OH, 120^{cm^3}). Le tube est scellé et chauffé 7 heures à 180°. Le produit de la réaction est repris par 800^{cm^3} d'eau, neutralisé par SO^4H^2 et extrait par 1 litre d'éther. La solution éthérée fournit, après lavage à l'eau et évaporation, un résidu huileux de 8g. Ce dernier est soumis au traitement cétonique de Girard et Sandulesco dans les mêmes conditions que précédemment (Alcool absolu 80^{cm^3}, réactif T, 8g et acide acétique, 8^{cm^3}. Ébullition 1 heure à reflux. Neutralisation des 9/10 de l'acidité par NaOH. Addition de 550g d'eau et de glace et extraction à l'éther). On obtient ainsi une fraction non cétonique de 7g. La fraction cétonique, extraite à l'éther après acidification du résidu aqueux, est de 1g. Une partie du produit cétonique (3g,50) est distillée à 150° sous 0^{mm},001 de mercure. L'huile incolore obtenue (2g,410) est reprise par l'acétate d'éthyle, et fournit comme dans l'opération précédente des cristaux en aiguilles fondant à 104°. Analyse élémentaire : Chiffres théoriques, C % 83,21 et H % 10,98; Trouvé C %, 82,37 et H % 11,20.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action synthétisante de la phosphatase rénale.* Note de M. Jean Courtois, présentée par M. Maurice Javillier.

Kay [1] a montré qu'en présence de glycérol et de phosphate disodique les phosphatases du rein et du duodénum synthétisent des composés phosphorés organiques. Ces composés isolés possédaient la composition des glycérophosphates et étaient hydrolysables par diverses phosphatases comme des mélanges de glycérophosphates renfermant chacun 85 pour 100 d'isomère α.

---

(1) *Biochem. J.*, 22, 1928, p. 855.

Nous avons vérifié qu'en milieu glycérolé l'hydrolyse des α et β-glycérophosphates par l'autolysat du rein de Porc conduit au même état d'équilibre que l'action synthétisante de cet autolysat réagissant dans le même milieu glycérolé en présence d'une dose équimoléculaire de phosphates.

Nous avons pu isoler les sels barytiques des esters phosphoriques synthétisés. Le produit obtenu possède sensiblement la teneur en phosphore organique et baryum des α et β-glycérophosphates de baryum :

P^2O^5 pour 100 23,37 (calculé 23,12),
Ba pour 100 42,65 (calculé 44,62).

Ce produit contient de l'α-glycérophosphate caractérisé qualitativement par la réaction colorée de O. Bailly (²); il est oxydable par l'acide periodique : 1^g de sel réduit $55^{cm^3},1$ d'acide periodique M/20 en donnant naissance à $111^{cm^3},1$ d'aldéhyde M/20 dosés par leur action mercuro-réductrice, dont $61^{cm^3},5$ de formol M/20 dosés gravimétriquement à l'aide de la combinaison avec le dimédon. P. Fleury et R. Paris (³) ont montré que 1^g d'α-glycérophosphate de baryum réduit $65^{cm^3},14$ d'acide periodique M/20 en donnant naissance à $130^{cm^3},28$ d'aldéhyde M/20 dont 50 pour 100 de formol. Cette libération de deux molécules d'aldéhydes, dont une de formol, par oxydation periodique est caractéristique de l'α-glycérophosphate. Le produit obtenu par biosynthèse renferme donc environ 80 pour 100 d'α-glycérophosphate; son action réductrice infime vis-à-vis de la liqueur de Fehling à chaud, du réactif de Nessler ou de l'hypoiodite à froid indique l'absence d'esters phosphoriques de glucides. Il ne contient ni phosphore minéral ni phosphore facilement libérable par hydrolyse acide ou alcaline.

Cette tendance de la phosphatase rénale d'estérifier de préférence une fonction alcool primaire du glycérol a été vérifiée indirectement, l'ester phosphorique, restant après hydrolyse du β-glycérophosphate jusqu'à l'équilibre en milieu glycérolé, a été isolé; ce sel contient environ 50 pour 100 d'α-glycérophosphate caractérisé et dosé comme précédemment; le témoin obtenu dans les mêmes conditions en présence d'autolysat inactivé renfermait moins de 10 pour 100 d'α-glycérophosphate. Il y a donc eu transposition biochimique du β-glycérophosphate en α. Tout se passe come si, au cours de la réaction diastasique, à la réaction : glycérol + phosphate $\rightleftharpoons$ gly-

(²) *Thèse Doctorat Sciences*, Paris, 1916.
(³) *Journ. Pharm. Chim.*, 18, 1933, p. 470.

cérophosphate, se superposait la réaction β-glycérophosphate ⇌ α-glycérophosphate, l'équilibre tendant à s'établir avec une proportion prédominante d'isomère α, synthétisé à partir de l'orthophosphate libéré par l'hydrolyse du β-glycérophosphate.

Le phénomène inverse, transposition de l'α-glycérophosphate en β n'a pu être mis en évidence, l'ester isolé après l'hydrolyse de l'α-glycérophosphate en milieu glycérolé jusqu'à obtention de l'état d'équilibre est sensiblement identique à l'ester de l'essai témoin et contient au moins 90 pour 100 d'α-glycérophosphate de baryum.

Ces divers esters sont hydrolysés à des vitesses identiques à celles des mélanges analogues d'α et β-glycérophosphates par trois phosphatases de spécificités différentes : la taka-diastase, qui hydrolyse le β-glycérophosphate plus rapidement que l'α; la phosphatase d'Amande, qui hydrolyse les deux isomères à des vitesses égales et cette dernière phosphatase, partiellement inactivée par l'ammoniaque, qui hydrolyse l'α-glycérophosphate plus rapidement que le β.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Propriétés réductrices d'une forme tautomère de la génésérine; un exemple de réaction en chaîne.* Note de MM. **Michel Polonovski** et **Pierre Desgrez**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

Au cours de l'étude des propriétés oxydantes des aminoxydes vis-à-vis de l'acide ascorbique, nous avons été amenés à constater le phénomène singulier et, à première vue, paradoxal, d'une réduction du bleu de méthylène par la génésérine sous l'influence d'une irradiation lumineuse suffisamment intense.

N'était-il pas surprenant qu'un composé tel que l'ésérine qui ne possède aucune propriété réductrice, se transformât par aminoxydation en un dérivé doué d'un pouvoir réducteur vis-à-vis du bleu de méthylène, susceptible de se manifester dans les mêmes conditions que celui de l'acide ascorbique ?

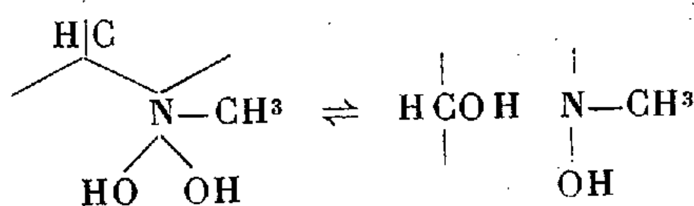
Or il suffit d'exposer à la lumière d'une lampe de 300 watts, selon le procédé indiqué par Mentzer et Vialard-Goudou pour le dosage de l'acide ascorbique, une solution de génésérine à laquelle on ajoute quelques gouttes de solution de bleu de méthylène pour obtenir la décoloration totale de la liqueur. Nous avons opéré dans le vide, en tubes de Thunberg, pour éviter la recoloration du leucodérivé, sur une solution acétique de génésérine M/500 tamponnée à pH 4,7.

Dans ces conditions

1^{cm^3} de sol. de génésérine M/500	réduit	$0^{cm^3},05$	de sol. de bleu de méthylène M/1000		
3^{cm^3} »	»	$0^{cm^3},16$	»	»	
5^{cm^3} »	»	$0^{cm^3},22$	»	»	

On constate une certaine proportionnalité dont le manque de rigueur s'explique facilement par l'imprécision de la méthode. On peut remarquer que le pouvoir réducteur de la génésérine en solution acétique est relativement faible et fort loin d'une équimolécularité. Mais, en opérant avec une solution alcoolique de titre sensiblement moitié (M/1000), on s'aperçoit que 1^{cm^3} de cette solution réduit $0^{cm^3},60$ d'une solution équimoléculaire de bleu de méthylène. L'addition à cette solution d'une quantité d'acide acétique suffisante pour amener le milieu à un pH de 4,7, diminue cette activité, puisque 1^{cm^3} d'une telle solution ne réduit plus que $0^{cm^3},48$ de solution de bleu de méthylène M/1000. Le chlorhydrate de génésérine possède une activité réductrice encore plus faible et, d'une façon générale, les sels de génésérine sont d'autant moins actifs que l'acide est plus fort. La nature du solvant présente également une certaine importance : 1^{cm^3} d'une solution acétonique de génésérine M/1000 décolore $0^{cm^3},22$ de solution de bleu de méthylène M/1000.

Nous avons cherché la cause de ce pouvoir réducteur en étudiant d'une façon systématique le comportement de tous les composés de la série de l'ésérine et de son aminoxyde vis-à-vis du bleu de méthylène : la fonction aminoxyde ne pouvait être responsable du phénomène, car aucun N-oxyde de base tertiaire synthétique (N-oxyde de triméthylamine, N-oxyde de triméthylaniline) n'est réducteur, ni aucun autre génalcaloïde (génatropine, génoscopolamine); d'autre part l'ouverture du noyau pyrrolidinique des alcaloïdes de la fève de Calabar ne provoque pas non plus l'apparition du phénomène étudié : la dihydroésériméthine, l'éséréthol-méthine, la généséréthol méthine sont, en effet, inactifs. Seul dans cette série, le généséréthol, bien que beaucoup moins réducteur que la génésérine, décolore la solution de bleu de méthylène. Nous avons été ainsi amenés à considérer que seuls possèdent ce pouvoir réducteur les dérivés susceptibles d'exister, comme l'un de nous l'a déjà montré, sous les deux formes tautomères : aminoxyde de base tertiaire cyclique et dialcoylhydroxylamine par ouverture du cycle



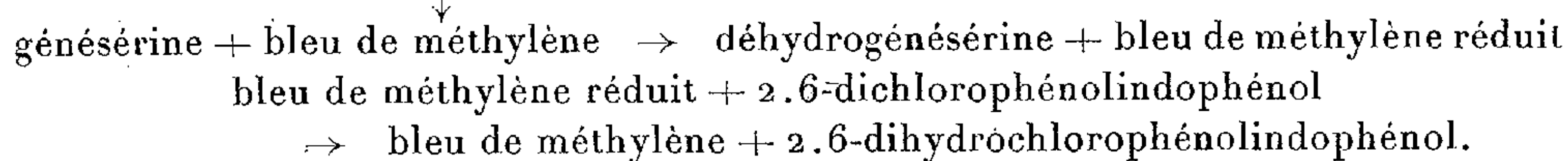
Nous avons confirmé cette hypothèse en montrant que les dialcoylhydroxylamines d'un type voisin tels que la N-oxyhydrastéine et la N-oxynornarcéine possèdent également la propriété de réduire le bleu de méthylène sous irradiation lumineuse.

La présence possible de génésérine ou de composés dialcoylhydroxylamines peut donc influer sur l'exactitude du dosage de l'acide ascorbique. Nous l'avons vérifié dans l'expérience suivante :

1^{cm^3} de solution d'acide ascorbique				
+ sol. acétique de génésérine $0^g,18$ % (cm^3)...	–	0,5	1	2
sol. bleu de méthylène M/1000 décolorée (cm^3).	0,25	0,37	0,51	0,64

Mais, si l'on utilise un autre accepteur de H^2 que le bleu de méthylène, même plus facilement réductible, tel que le 2.6-dichlorophénolindophénol, on ne constate plus de décoloration sensible quelle que soit la durée de l'exposition aux rayons lumineux. En revanche, l'addition à cet indicateur d'une trace de bleu de méthylène suffit à amener, sous l'influence d'une irradiation, la réduction du dichlorophénolindophénol. On peut alors ajouter progressivement une solution de cet indicateur, jusqu'à concurrence d'une quantité correspondante de génésérine mise en œuvre, et obtenir sa décoloration.

La quantité de bleu de méthylène n'influe pas sensiblement sur la quantité de 2.6-dichlorophénolindophénol susceptible d'être ainsi décolorée, et n'intervient que comme un élément d'une réaction en chaîne pouvant se traduire par le schéma



Ainsi nous réalisons, par l'addition de deux indicateurs de rH différent, un type de réaction en chaîne qui peut servir d'exemple et d'illustration aux réactions de ce genre si nombreuses en biochimie.

BACTÉRIOLOGIE. — *Influence des* sélecteurs *sur le potentiel encéphalitogène du vaccin jennérien.* Note de MM. **Constantin Levaditi, Robert Fasquelle, Robert Béquignon** et **Louis Reinié**, présentée par M. Louis Martin.

Afin d'expliquer les variations de la virulence encéphalitogène pour le lapin (encéphalite neurovaccinale) des diverses souches de vaccin jennerien cultivées sur la génisse, variations révélées par la primo-inoculation intracérébrale et par des passages successifs, nous avons formulé l'hypothèse des *sélecteurs* (1), hypothèse dont voici l'essentiel : à l'exemple de certaines cultures microbiennes, le virus vaccinal dit dermotrope serait constitué par deux variantes d'*éléments corpusculaires* ultrafiltrables, E et M, dont E est doué d'*affinités ectodermotropes* (épithéliotropes) et M pourvu d'*affinités mésodermotropes*. La proportion numérique de ces deux catégories d'éléments corpusculaires ne serait pas la même pour toutes les souches de dermovaccin. Les *sélecteurs* [*encéphale de lapin*, *membrane chorio-allantoïde de l'œuf incubé de poulet* (2), *cultures cellulaires* (3)] changeraient cette proportion numérique en faveur des éléments M, par un effet sélectif dont les particularités ont été précisées ailleurs.

Nous avons conclu que deux facteurs paraissent intervenir pour modifier la virulence du vaccin dermotrope et réaliser ainsi sa transformation en *neurovaccin*. 1° facteur *souche vaccinale* et 2° facteur *sélecteur*. Les données faisant l'objet de la présente Note montrent l'efficacité respective de ces deux facteurs.

1. *Facteur souche.* — En outre des faits exposés antérieurement [autant de souches vaccinales (*Plessis*, *Normandie*, (4) *Kling*), autant de potentiels encéphalitogènes], il y a le suivant : la souche Normandie, récoltée le 9-2-38 (ultrafiltration préalable à travers une membrane en collodion de 840$^{m\mu}$;

---

(1) Levaditi, Fasquelle, Reinié et Schoen, *Ann. Inst. Pasteur*, 60, 1936, p. 142. Le terme *sélecteur* désigne l'espèce animale, le système cellulaire, les cellules embryonnaires, etc., qui, agissant sur le virus vaccinal épithéliotrope, le transforment en sa variété neurotrope.

(2) Levaditi et Voet, *La Presse Médicale*, 45, 1937, n° 7, p. 113.

(3) Levaditi et Mme Stamatin, *Ann. Inst. Pasteur* (sous presse).

(4) Pour cette souche, depuis 1935, la culture se fait exclusivement sur la génisse, sans passages sur le lapin.

méthode d'Elford), fournit 33 pour 100 d'encéphalites neurovaccinales, 23 pour 100 d'autostérilisations mortelles et 43 pour 100 de survies avec état réfractaire consécutif, alors que la même souche, récoltée trois mois plus tard (2-6-38), provoque 75 pour 100 d'encéphalites neurovaccinales, 25 pour 100 d'autostérilisations mortelles et 0 pour 100 de survies. Ces derniers chiffres n'ont pas varié sensiblement lors d'un second étalonnage de cette récolte, effectué le 30-6-38.

Il en résulte que le potentiel encéphalitogène d'une même souche dermovaccinale, cultivée sur la génisse, peut varier d'une récolte à l'autre. Le *sélecteur* génisse exerce donc une influence manifeste sur la proportionnalité numérique des éléments corpusculaires E et M du vaccin jennérien, et, cela, suivant l'animal utilisé comme milieu de culture.

2° *Facteur sélecteur.* — Il nous a été donné de constater qu'une même souche et récolte de vaccin dermotrope (*Normandie* 1047), conservée à la glacière sans addition de glycérine, peut révéler des différences, parfois considérables, de son potentiel encéphalitogène, lors des évaluations successives de ce potentiel. C'est ce qui résulte du tableau ci-dessous :

Temps de conservation en jours.	Encéphalite neurovaccinale.	Autostérilisation mortelle.	Survie (immunité).
8............	33 %	23 %	43 %
82............	0	0	100
96............	40	0	60
143............	55	20	22

Deux hypothèses s'offrent pour expliquer ces variations : 1° changement de proportions numériques entre les éléments E et M pendant la conservation du virus hors de l'organisme, et 2° modification de l'efficacité sélective, suivant les diverses séries d'animaux-*test* utilisées à un moment donné. La première de ces hypothèses nous apparaît très peu vraisemblable, alors que la seconde est acceptable, pour les raisons que voici : il est hors de doute que des groupes divers de lapins d'élevage peuvent exercer des effets sélectifs dissemblables (influence saisonnière, changement d'alimentation), et que, par ailleurs, l'espèce d'élevage est sujette à une infection spontanée provoquée par le *Rabbit-Pox* ([2]), infection suivie d'un état réfractaire antivaccinal plus ou moins accusé, voir même absolu. D'où des écarts de réceptivité et, par conséquent, des effets sélectifs pouvant varier d'une série de sujets à l'autre.

Conclusions. — *Le potentiel encéphalitogène du vaccin jennérien dermo-*

trope varie en fonction 1° de la souche et, dans certains cas, même de la récolte; 2° du sélecteur utilisé (encéphale de lapin). Ce sélecteur subit des influences saisonnières et, surtout, des effets immunogènes dus à des infections vaccinales spontanées (Rabbit-Pox). Ces deux facteurs réunis expliquent les variations du potentiel encéphalitogène (encéphalite neurovaccinale) du virus de la vaccine épithéliotrope (⁶).

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Inoculation positive de la lèpre humaine au hamster.* Note (¹) de M. **Étienne Burnet**, présentée par M. Louis Martin.

La reproduction expérimentale chez un animal sensible est (avec la culture du bacille) la pierre d'achoppement des recherches sur la lèpre; mais des exemples illustres, syphilis, fièvre jaune, fièvre aphteuse, enseignent que l'insuccès ne doit jamais être considéré comme définitif. Les résultats annoncés par P. Jordan (²) sur le rat blanc, par S. Adler (³) sur le hamster de Palestine (*Cricetus auratus*), encouragent à persévérer dans les essais d'inoculation aux rongeurs.

Ayant inséré un mince fragment de lépröme, prélevé sur une lèpre cutanée en phase active, entre peau et muscle, à 3 hamsters normaux et à 3 hamsters dératés (au moment de refermer l'incision faite pour la splénectomie), et sacrifié ces animaux le 220ᵉ jour, nous avons constaté le développement de la lèpre chez l'un d'eux.

Parmi un nombre respectable de rats blancs, spermophiles, mérions et 13 hamsters, que nous avons inoculés de diverses manières, c'est jusqu'ici le seul résultat positif que nous ayons obtenu.

Il consiste en un léprome sous-cutané, développé à partir du fragment inséré, et un commencement de généralisation dans les ganglions lymphatiques, la rate, le foie et les reins. La masse sous-cutanée possède la structure d'un léprome. La constatation de la masse et de la croissance d'un tissu

(⁶) Il a été démontré que nul rapport de cause à effet n'existe entre le potentiel encéphalitogène du vaccin jennérien pour le lapin et l'incidence des encéphalites post-vaccinales chez l'homme.

(¹) Séance du 3 octobre 1938.

(²) *Archiv. f. Sch. u. Trop. Hyg.*, **40**, 1935, n° 3, p. 92.

(³) *Lancet*, **233**, 18 sept. 1937, p. 714.

jeune, nullement attaqué par lyse ou digestion, permet d'exclure l'idée d'une simple conservation du tissu inoculé. Il y a dans la rate des cellules lépreuses (cellules réticulo-endothéliales chargées de bacilles), que nous considérons comme le signe essentiel de l'inoculation positive. Ces résultats, qui ne peuvent être rapportés exactement qu'avec des détails et des figures [1], présentent un contraste frappant avec ceux que nous avons observés chez tous nos autres hamsters et chez les autres rongeurs : des débris amorphes et, plus ou moins nombreux dans la région inoculée, très rares dans les ganglions voisins, des bacilles raccourcis, granuleux, réduits et comme rongés (malgré la conservation de l'acido-résistance), d'aspect résiduel; et jamais rien dans les organes internes, ni nulle part aucune cellule lépreuse.

On pourrait objecter 1° que le léprome sous-cutané ne représente qu'une multiplication locale à la faveur du tissu inoculé : le fait de la croissance, la structure histologique de léprome organisé, s'opposent à cette interprétation; 2° que les bacilles de la rate, du foie, des reins et des ganglions lymphatiques ne sont que des éléments passifs entraînés par les leucocytes : mais ils sont trop nombreux, et rien de tel n'a été observé chez les animaux négatifs; de plus la rate contient, dans notre cas, des cellules lépreuses; 3° qu'il ne s'agit que d'une greffe de tissu lépreux : mais c'est le seul cas que nous en ayons observé; d'ailleurs les organes montrent un commencement de généralisation; enfin une greffe positive avec croissance serait par elle-même une forme d'inoculation positive.

L'inoculation du léprome à des cobayes a été négative, ce qui exclut de l'expérience la transmission de bacilles tuberculeux de l'homme au hamster.

Ce hamster positif n'avait pas été dératé. La dératisation, à laquelle Adler paraît attribuer le succès qu'il a annoncé, ne paraît donc pas une condition nécessaire.

L'inoculation a été faite par insertion d'un copeau de léprome. D'autres hamsters inoculés en même temps, de la même manière, avec la même matière, sont restés négatifs; d'autres hamsters et rongeurs divers, inoculés avec une suspension de léprome broyé, sont restés négatifs. Il y a lieu de déterminer si l'insertion de tissu non broyé est une condition nécessaire.

En général, le temps d'observation de nos animaux, y compris le hamster positif, a été trop court. Volontairement, nous les avons sacrifiés

trop tôt, pour nous rendre compte du sort de la matière inoculée. Il faut conserver les animaux le plus longtemps possible et leur faire achever le cycle de leur existence.

Nos résultats éclairent et confirment ceux que Adler a annoncés, puis présentés en mars 1938 au Congrès international de la Lèpre du Caire. Le hamster est réceptif pour la lèpre humaine. Une technique perfectionnée pourra rendre cette réceptivité constante. C'est un premier pas décisif dans la reproduction expérimentale de la lèpre chez un animal de laboratoire.

La séance est levée à 15^h45^m.

E. P.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 OCTOBRE 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Toussaint, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 2 novembre au lieu du lundi 31 octobre.

Après le dépouillement de la Correspondance M. le **Président** s'exprime en ces termes.

Mes chers Confrères,

M. **Paul Helbronner**, qui appartenait à notre Compagnie, comme Académicien libre, depuis 1927, est mort à Paris le 18 octobre, peu après son retour de Nice. Les funérailles, suivant la volonté qu'il avait formellement exprimée, ont eu lieu dans l'intimité.

Il était né à Compiègne le 24 avril 1871. Ancien élève de l'École polytechnique, il était en 1902 chef d'une importante industrie métallurgique lorsque des circonstances favorables lui permirent d'abandonner cette carrière pour se consacrer entièrement au grand travail qui devait l'occuper pendant toute sa vie. Alpiniste fervent, M. Helbronner avait dessiné et peint de grands panoramas, de 6^m de développement, du sommet du Mont Blanc et du sommet du Pelvoux, utilisant des tours d'horizon photographiques qu'il avait obtenus pendant ses ascensions. En faisant les calques explicatifs de ces panoramas, il avait eu l'occasion de constater l'insuffisance des relevés géodésiques faits jusqu'alors dans ces montagnes. C'est ce qui le décida à entreprendre une étude de toute la haute région des Alpes Françaises, du Lac de Genève jusqu'à la Méditerranée.

C'était là un travail considérable, comparable à ces mesures d'arcs de méridien que des services d'État avaient seuls pu entreprendre jusqu'alors. M. Helbronner le mena à bien, avec ses propres ressources, effectuant lui-même une grande partie des mesures sur le terrain, qui n'ont pas exigé moins de 22 campagnes successives jusqu'en 1925, assurant ensuite tous les calculs et la publication des résultats. En 1925 et 1926 il a couronné son œuvre en reliant au réseau qu'il avait tracé sur le Continent l'île de la Corse. Il a pu utiliser cette fois des officiers et des hommes de troupe mis à sa disposition par les Ministères de la Guerre et de la Marine, et il eut la collaboration de notre Confrère M. Fayet, alors Directeur de l'Observatoire de Nice, pour les observations astronomiques nécessaires pour les mesures de la déviation de la verticale.

Même avant leur publication complète, les résultats obtenus par M. Helbronner se sont montrés fort utiles : ils ont servi notamment lors de l'aménagement des installations hydrauliques des Alpes, et pour l'organisation de la défense de notre région frontière du Sud-Est. Pendant la guerre, M. Helbronner prit une part active à l'organisation du réseau de triangulation détaillée qui a servi, sur tout le front, à fournir aux artilleurs les éléments nécessaires pour le tir. Pendant la dernière année de la guerre, il installa sur la montagne de Prégentil, au-dessus de Bourg-d'Oisans, une station d'expériences de tirs en montagne, qui servit notamment à étudier les trajectoires des tirs contre avions : il projetait même d'installer un champ d'expériences plus haut encore, au Pelvoux, se rendant compte que les avions voleraient bientôt à des altitudes dépassant 7000^{m}.

L'œuvre de notre Confrère, à laquelle il a consacré sa vie, est rassemblée dans les gros volumes où il a publié dans le détail, tous ses résultats. Dans la séance du 21 mars dernier, il nous faisait hommage du treizième de ces volumes; il indiquait alors qu'il ne lui en restait plus qu'un à publier, pour lequel, disait-il, tous les calculs étaient terminés. Il a sans doute veillé à ce que, quoi qu'il arrive, cette belle publication soit achevée.

Le nom de M. Helbronner restera aussi parmi ceux des bienfaiteurs de l'Académie. Vous savez qu'en souvenir de sa femme, il a fait don d'un capital permettant la création de ce prix (Helbronner-Fould) attribué tous les trois ans à la veuve d'un savant français dont elle aura aidé la carrière ou prolongé le souvenir.

J'exprime à la famille de notre regretté Confrère nos sentiments de vive sympathie.

M. **Alfred Lacroix**, Président du Comité national français de Géodésie et Géophysique, dépose sur le bureau de l'Académie un fort volume relatif aux travaux du *Comité national français et Comité national marocain de Géodésie et Géophysique* pendant les années 1933, 1934, 1935 et 1936, publié par le Secrétaire général de ce Comité, le Général Perrier, assisté du Secrétaire-adjoint, le Commandant Tardi.

Ce volume donne des détails sur les Assemblées générales du Comité et sur les travaux de ses sept Sections, Géodésie, Séismologie, Météorologie, Magnétisme et Électricité terrestres, Océanographie physique, Volcanologie, Hydrologie scientifique.

Une mention spéciale doit être faite dans les travaux de la Section de Géodésie au nouveau Réseau gravimétrique français exécuté en grande partie avec l'admirable instrument Holweck-Lejay, aussi bien en France continentale qu'en Afrique du Nord et en Extrême-Orient.

Signalons aussi les croisières gravimétriques faites en Méditerranée grâce à une heureuse initiative du Ministère de la Marine, avec les sous-marins *Fresnel* et *L'Espoir*, par la méthode du savant hollandais Vening Meinesz, qui a permis ces déterminations en mer autrefois impraticables.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'analogie supersonique du champ électromagnétique.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky.**

Considérons un mouvement irrotationnel supersonique presque rectiligne d'un fluide parfait compressible défini par les équations

$$(1)\qquad \begin{cases} \varphi_1 = \pi_1 + \alpha f(x_1, y_1, z_1), & \pi_1 = a_1 x_1 + b_1 y_1 + c_1 z_1, \\ \psi'_1 = \pi_2 + \alpha f_1(x_1, y_1, z_1), & \pi_2 = a_2 x_1 + b_2 y_1 + c_2 z_1, \\ \psi'_2 = \pi_3 + \alpha f_2(x_1, y_1, z_1), & \pi_3 = a_3 x_1 + b_3 y_1 + c_3 z_1; \end{cases}$$

$a_1, b_1, \ldots, c_3$ sont les neuf cosinus directeurs des normales aux trois familles de plans π_1, π_2, π_3 définissant respectivement les surfaces équipotentielles et les surfaces de courant d'un mouvement rectiligne de vitesse uniforme $\vec{q}_1$, φ_1 est le potentiel des vitesses et ψ'_1, ψ'_2 les fonctions de courant ([1]) du mouvement général considéré. Nous négligerons dans les équations, toutes réductions faites, les membres dont l'ordre de grandeur

([1]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 472-475.

en α est supérieur au premier. De même que dans la Note précitée tous les termes des équations (1) sont des nombres purs.

Les composantes $u_1 = u/q_1$, $v_1 = v/q_1$, $w_1 = w/q_1$ de la vitesse q/q_1 et le rapport des densités $(\rho_1 - \rho)/\rho$ sont définis respectivement par les équations (2) et (3),

$$(2)\quad \frac{\partial \varphi_1}{\partial x_1} = \frac{\rho_1}{\rho} \frac{D(\psi'_1, \psi'_2)}{D(y_1, z_1)}, \qquad \frac{\partial \varphi_1}{\partial y_1} = \frac{\rho_1}{\rho} \frac{D(\psi'_1, \psi'_2)}{D(z_1, x_1)}, \qquad \frac{\partial \varphi_1}{\partial z_1} = \frac{\rho_1}{\rho} \frac{D(\psi'_1, \psi'_2)}{D(x_1, y_1)};$$

$$(3)\quad \left(1 + \frac{1-\gamma}{2} \frac{q^2 - q_1^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{1-\gamma}} - 1 = \alpha a^2 \left(a_1 \frac{\partial f}{\partial x_1} + b_1 \frac{\partial f}{\partial y_1} + c_1 \frac{\partial f}{\partial z_1}\right) = \alpha a^2 \frac{\partial f}{\partial n_1},$$

$\partial n_1 = \partial n/h$ est un élément de normale au plan π_1 rapporté à la longueur h, c est la célérité du son en un point de densité ρ_1, de pression p_1 et de vitesse q_1 et $a^2 = q_1^2/c^2$. Posons aussi

$$(4)\quad H_x = a_1 a f, \qquad H_y = b_1 a f, \qquad H_z = c_1 a f, \qquad H^2 = a^2 f^2;$$

$$(5)\quad E_x = a_3 f_1 - a_2 f_2, \qquad E_y = b_3 f_1 - b_2 f_2, \qquad E_z = c_3 f_1 - c_2 f_2, \qquad E^2 = f_1^2 + f_2^2.$$

Il résulte des équations (1), (2), (3), (4), (5) que

$$(6)\quad -\left(a \frac{\partial H_x}{\partial n} - \frac{\partial f}{\partial x}\right) = \frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z}, \quad \dots$$

On déduit les deux équations non écrites par des permutations circulaires effectuées sur les lettres x, y, z. En remarquant que

$$(7)\quad a \frac{\partial H_x}{\partial n} - \frac{\partial f}{\partial x} = a^2 a_1 \left(\frac{a_1}{h} \frac{\partial f}{\partial x_1} + \frac{b_1}{h} \frac{\partial f}{\partial y_1} + \frac{c_1}{h} \frac{\partial f}{\partial z_1}\right) - \frac{\partial f}{h\, \partial x_1},$$

on constate que, lorsque le rapport $a^2 = q_1^2/c^2$ devient très grand, comme nous l'admettrons dans la présente Note, l'ordre de grandeur du terme $\partial H_x/\partial n$ est supérieur à celui de $\partial f/\partial x$ et, lorsque les deux termes sont en présence l'un de l'autre, on peut négliger le deuxième.

Remarquons maintenant que, si l'on communique à toute la masse fluide un mouvement d'ensemble $-\vec{q}_1$, on peut obtenir un mouvement ondulatoire, que nous nommerons mouvement G, se propageant avec une célérité $-\vec{q}_1$. Le mouvement primitif (1) étant permanent, on doit avoir dans le mouvement G .

$$(8)\quad -q_1\left(a_1 \frac{\partial}{\partial x} + b_1 \frac{\partial}{\partial y} + c_1 \frac{\partial}{\partial z}\right) + \frac{\partial}{\partial t} = 0, \qquad \frac{\partial}{\partial n} = \frac{1}{q_1} \frac{\partial}{\partial t}.$$

En vertu des équations (7), (8) et de la condition $a \to \infty$, on peut

ramener les équations (6) à la forme

$$(9) \qquad -\frac{1}{c}\frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = \text{curl}\,\vec{E}.$$

On a, d'autre part, en raison des équations (6), (8) et des propriétés des neuf cosinus directeurs,

$$-b_1\left(a\frac{\partial H_x}{\partial n} - \frac{\partial f}{\partial x}\right) + a_1\left(a\frac{\partial H_y}{\partial n} - \frac{\partial f}{\partial y}\right) = \frac{1}{a}\left(\frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y}\right) = \frac{\partial E_z}{\partial n} = \frac{1}{q_1}\frac{\partial E_z}{\partial t}$$

et deux autres équations qu'on obtient par transformation circulaire. En définitive

$$(10) \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \text{curl}\,\vec{H}.$$

On peut adjoindre aux équations (9), (10)

$$(11) \qquad \text{div}\,\vec{H} = 0, \qquad \text{div}\,\vec{E} = 0,$$

$$(12) \qquad \frac{\partial^2 H_\nu}{\partial t^2} = \frac{1}{c^2}\Delta H_\nu, \qquad \frac{\partial^2 E_\nu}{\partial t^2} = \frac{1}{c^2}\Delta E_\nu \qquad (\nu = x, y, z).$$

L'analogie entre les équations (9), (10), (11), (12) et les équations du champ électromagnétique dans le vide est parfaite, mais, tandis que dans les équations initiales de Maxwell on ne considère qu'une seule vitesse de propagation des ondes, la vitesse de la lumière $c = q_1$, nous avons été amené, dans le problème supersonique, à considérer séparément la célérité du son c et la vitesse de groupe q_1, cette dernière dans la superposition d'un grand nombre d'ondes coniques ou pyramidales, de très petite ouverture, engendrées, par exemple, par le mouvement de particules, oscillantes ou projetées à des vitesses supersoniques.

Il nous reste à démontrer que les oscillations des particules fluides, dans le mouvement G, tendent à devenir orthogonales à la vitesse de groupe $-\vec{q}$ lorsque le rapport $a = q_1/c$ devient très grand.

Si l'on admet que la vitesse $\vec{q}$ coïncide avec l'axe Ox, on a

$$a_1 = b_2 = c_3 = 1, \qquad a_2 = a_3 = b_1 = b_3 = c_1 = c_2 = 0$$

et les équations (6) se réduisent aux équations (3) de la Note précitée. On peut satisfaire aux équations que nous venons de rappeler, en posant

$$\alpha f = \frac{\alpha}{a'}\sin\frac{2\pi}{h}(x + q_1 t)\left(\sin\frac{2\pi a'}{h}y + \sin\frac{2\pi a'}{h}z\right),$$

$$\alpha f_1 = \alpha\cos\frac{2\pi}{h}(x + q_1 t)\cos\frac{2\pi a'}{h}y, \qquad \alpha f_2 = \alpha\cos\frac{2\pi}{h}(x + q_1 t)\cos\frac{2\pi a'}{h}z,$$

où $a' = (a^2 - 1)^{1/2}$. Les équations du mouvement d'une particule fluide dans le mouvement G considéré sont :

$$\frac{1}{q_1 h}\frac{dx}{dt} = \alpha\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\alpha}{a'}\frac{2\pi}{h}\cos\frac{2\pi}{h}(x+q_1 t)\left(\sin\frac{2\pi a'}{h}y + \sin\frac{2\pi a'}{h}z\right),$$
$$\frac{1}{q_1 h}\frac{dy}{dt} = \alpha\frac{\partial f}{\partial y} = \alpha\frac{2\pi}{h}\sin\frac{2\pi}{h}(x+q_1 t)\left(\cos\frac{2\pi a'}{h}y + \sin\frac{2\pi a'}{h}z\right),$$
$$\frac{1}{q_1 h}\frac{dz}{dt} = \alpha\frac{\partial f}{\partial z} = \alpha\frac{2\pi}{h}\sin\frac{2\pi}{h}(x+q_1 t)\left(\sin\frac{2\pi a'}{h}y + \cos\frac{2\pi a'}{h}z\right).$$

Ces équations font voir que, si le rapport a devient très grand, la composante de la vitesse dx/dt, parallèle à la vitesse de propagation $-\vec{q}_1$ de l'onde, tend à devenir très petite.

Le principal obstacle, celui de l'incompatibilité des oscillations transversales avec les propriétés fondamentales d'un fluide parfait, qui a empêché, pendant si longtemps, le recours aux interprétations hydrodynamiques en physique théorique, semble être ainsi aplani.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Analogie entre les actions exercées sur les courants et les actions magnétiques*. Note [1] de M. **Louis Roy**.

Les actions que les courants et l'aimantation exercent sur les courants d'un système de corps isotropes ont été autrefois déduites par P. Duhem de l'égalité fondamentale (1) de notre précédente Note [2]. Comme elles ont la même forme analytique, leur addition fait intervenir le potentiel vecteur total [3]

$$(1)\qquad (\mathcal{F}, \mathcal{G}, \mathcal{H}) = \frac{\mathfrak{A}^2}{2}(\mathrm{F}, \mathrm{G}, \mathrm{H}) + \frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}}\sqrt{\varepsilon'}(\Phi, \Psi, \Omega),$$

$\mathfrak{A}^2/2$ désignant la constante fondamentale des actions électrodynamiques, (F, G, H), le potentiel vecteur électrique et (Φ, Ψ, Ω) le potentiel vecteur magnétique. Soient alors (f, g, h) la densité du courant total en un point

(1) Séance du 10 octobre 1938.

(2) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 659.

(3) Duhem appelait ses composantes les *fonctions totales de Helmholtz*. On voit que ces fonctions sont celles que nous avons antérieurement considérées (L. Roy, *L'Électrodynamique des milieux isotropes en repos d'après Helmholtz et Duhem*, collection *Scientia*, p. 45), mais multipliées par $\mathfrak{A}/\sqrt{2}$. Ce léger changement de notation a pour but de faire disparaître cette constante de certaines des expressions qui vont suivre.

(x, y, z) d'un des corps du système, α, β, γ les cosinus directeurs de la demi-normale extérieure en un point de sa surface; l'égalité fondamentale conduit aux résultats suivants :

En chaque point de la surface d'un corps déformable parcouru par des courants, s'exerce la pression de composantes

$$|f\alpha|(\mathcal{F}, \mathcal{G}, \mathcal{H}); \tag{2}$$

en chaque point intérieur de ce corps, s'exerce la force par unité de volume de composantes

$$g\left(\frac{\partial \mathcal{G}}{\partial x} - \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial y}\right) - h\left(\frac{\partial \mathcal{F}}{\partial z} - \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial x}\right) - \mathcal{F}\left|\frac{\partial f}{\partial x}\right|, \quad \ldots, \tag{3}$$

la quantité entre traits désignant la divergence du vecteur (f, g, h).

Si le corps est rigide, la résultante et le moment résultant des forces totales que les courants et l'aimantation du système exercent sur les courants de ce corps restent calculables à partir des actions élémentaires (2) et (3).

Les parenthèses de (3) font apparaître l'induction magnétique $(\mathcal{B}_x, \mathcal{B}_y, \mathcal{B}_z)$, puisqu'on a [1]

$$\frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}}\mathcal{B}_x = -\sqrt{\varepsilon'}\left(\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial y} - \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial z}\right), \quad \ldots;$$

de sorte que, si les courants du corps considéré sont uniformes, c'est-à-dire tels qu'on ait

$$|f\alpha| = 0, \qquad \left|\frac{\partial f}{\partial x}\right| = 0,$$

l'action totale des courants et de l'aimantation sur les courants se réduit à la force par unité de volume de composantes

$$\frac{\frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}}}{\sqrt{\varepsilon'}}(h\mathcal{B}_y - g\mathcal{B}_z, f\mathcal{B}_z - h\mathcal{B}_x, g\mathcal{B}_x - f\mathcal{B}_y).$$

Il en résulte que la force qui s'exerce sur un élément de filet de courant uniforme d'intensité I est, multiplié par $\mathfrak{A}/\sqrt{2}/\sqrt{\varepsilon'}\,I$, le produit vectoriel de l'induction magnétique par la longueur de l'élément.

---

[1] L. Roy, *loc. cit.*, p. 57. La présence de la constante $\frac{\mathfrak{A}}{\sqrt{2}}$ résulte de la remarque faite à propos des fonctions $\mathcal{F}$, $\mathcal{G}$, $\mathcal{H}$.

Revenons au cas général de courants quelconques. Si l'on calcule, à partir de (2) et (3), la résultante et le moment résultant des forces totales qui s'exercent sur les courants, on reconnaît que ces éléments peuvent encore être calculés comme si, en chaque point du corps considéré, s'exerçait la force par unité de volume de composantes

$$f\frac{\partial \mathcal{F}}{\partial x}+g\frac{\partial \mathcal{G}}{\partial x}+h\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial x}, \quad \ldots$$

et le couple par unité de volume de composantes

$$g\mathcal{H}-h\mathcal{G}, \qquad h\mathcal{F}-f\mathcal{H}, \qquad f\mathcal{G}-g\mathcal{F}.$$

L'intérêt de cette seconde règle de calcul est son analogie avec celle qui fait connaître la résultante et le moment résultant des forces qui s'exercent sur un aimant permanent rigide placé dans le champ magnétique d'un autre aimant. On voit, en effet, que la résultante et le moment résultant des forces totales, que les courants et l'aimantation exercent sur les courants de l'un des corps du système, sont les mêmes que si ce corps était un aimant permanent rigide d'intensité d'aimantation (f, g, h), placé dans le champ magnétique $(\mathcal{F}, \mathcal{G}, \mathcal{H})$ d'un autre aimant. D'après la forme des expressions (1), l'analogie subsiste pour chacune des deux catégories d'actions considérée isolément.

EFFET RAMAN. — *Sur l'eau de cristallisation du gypse.* Note de M. **Jean Cabannes.**

Les recherches récentes ([1]) sur le spectre Raman de l'eau de cristallisation ont mis en évidence une grande diversité. Les fréquences varient de 3150 à 3650 cm^{-1}. Dans certains cristaux les bandes sont relativement étroites; dans d'autres, larges et diffuses. Ces changements remarquables ont été attribués soit à la polymérisation des molécules, soit à l'influence du champ électrique intense produit par les ions voisins. Mais, pour préciser ces hypothèses, l'observation des poudres cristallines ne suffit pas; il faut un cristal unique auquel on puisse donner l'orientation qu'on voudra.

J'ai étudié comme exemple un cristal de gypse qui pouvait être éclairé

([1]) R. Ananthakrishnan, *Proceedings of the Indian Academy*, 5, 1937, p. 447; E. Canals et P. Peyrot, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 224.

ou observé à travers une des trois faces rectangulaires ABCD, ABEF et ACEG. La première est parallèle au clivage parfait, donc normale à l'axe binaire; les deux autres sont parallèles à l'axe; leur orientation peut être précisée de la manière suivante : une rotation de CA vers CB donne, à 75° environ, la trace du clivage vitreux et, à 67°10′ plus loin, celle du clivage fibreux.

Les expériences ont été faites en lumière naturelle. J'ai retrouvé, étroites et intenses, les deux bandes 3404 et 3495 cm^{-1} et obtenu les résultats suivants [2] :

1° *Axe binaire normal au plan de diffusion. Cristal éclairé par la face* ABEF. — La bande 3404 n'apparaît pas; la bande 3495 est totalement polarisée ($\rho = 0$).

2° *Axe binaire parallèle au rayon incident. Cristal éclairé par la face* ABCD *et observé successivement par les faces* ABEF et ACEG. — La bande 3304 est totalement polarisée ($\rho = 0$); la bande 3495 n'apparaît pas.

3° *Axe binaire parallèle au rayon diffusé. Cristal éclairé successivement par les faces* ABEF *et* ACEG *et observé par la face* ABCD. La bande 3404 est dépolarisée ($\rho = 1$); la bande 3495 n'apparaît pas.

L'oscillation 3404 est symétrique par rapport à l'axe binaire puisque le facteur de dépolarisation ρ est nul lorsque la vibration lumineuse incidente est normale à l'axe 2°. Pour l'oscillation 3495, les expériences 2° montrent qu'une incidente normale à l'axe est inactive : c'est donc la vibration lumineuse parallèle à l'axe qui agit dans l'expérience 1°. Comme la dépolarisation y est nulle, on a encore affaire à une oscillation symétrique par rapport à l'axe binaire.

Dans un cristal clinorhombique on prévoit deux types d'oscillations symétriques par rapport à l'axe binaire : l'ellipsoïde des réfractivités peut en effet se déformer en conservant ses trois directions principales ou tourner sans déformation autour de l'axe binaire. L'oscillation 3495 est certainement du premier type; l'oscillation 3404 pourrait être du second.

Mais la détermination de la structure cristalline du gypse par W. A. Wooster [3] permet d'aller plus loin. Les ions SO^4 et Ca forment des couches

(2) En réalité, ces résultats sont un peu schématisés. Lorsqu'une bande est émise avec intensité, elle est toujours légèrement dépolarisée. D'autre part, les bandes que nous marquons absentes dans les expériences 1° et 2° apparaissent sur les clichés, mais très faiblement et avec $\rho > 1$. Ce sont là des effets secondaires, peut-être dus à l'imperfection du montage.

(3) W. A. Wooster, *Zeitschrift für Kristallographie*, **94**, 1936, p. 375.

normales à l'axe séparées par des couches de molécules d'eau. Chaque molécule d'eau unit un calcium à un oxygène de la même couche et à un oxygène de la couche voisine. Les traits de liaison de l'oxygène de la molécule H^2O avec les oxygènes des ions SO^4 font un angle de 108° et c'est vraisemblablement sur ces traits que se trouvent les atomes d'hydrogène. Les molécules d'eau ne sont donc pas groupées deux par deux, mais isolées et peu déformées.

Dans chacune de ces molécules, on doit retrouver les oscillations de valence, la symétrique A et l'antisymétrique B par rapport à la bissectrice de l'angle que font les traits de valence. Or, la maille contient 8 molécules d'eau. Les axes et les centres de symétrie du groupe spatial $C2/c$ déterminent les modes d'oscillation de cet ensemble à partir de l'oscillation d'une molécule quelconque. On voit facilement qu'il y a deux modes d'oscillation actifs dans la diffusion de la lumière et symétriques par rapport à l'axe binaire du cristal. On obtient l'un à partir de l'oscillation A; l'autre, à partir de l'oscillation B. Ils donnent les deux bandes de fréquences $\nu_A = 3404$ et $\nu_B = 3495\ cm^{-1}$.

Nous retrouvons donc dans le gypse les oscillations de valence de la molécule H^2O *sans les complications de l'eau liquide.* Les fréquences de la vapeur d'eau étaient respectivement $\nu_A = 3650$ et $\nu_B = 3750$. *La diminution de* $250\ cm^{-1}$ *observée dans le gypse est due à l'action des ions* O *et* Ca *auxquels est liée la molécule.*

GÉOLOGIE. — *Sur des observations géologiques en Anatolie.*
Note de M. **Maurice Lugeon.**

J'ai eu l'occasion, durant le printemps dernier, de faire un rapide voyage en Anatolie. Mon but était d'étudier les ressources hydrauliques du pays, ce qui ne me permettait que de faire des observations clairsemées, mais deux d'entre elles, malgré leur caractère rudimentaire, sont intéressantes à signaler.

I. A l'est de Malatya, à une quarantaine de kilomètres de cette ville, l'Euphrate, qui s'écoule dans une vallée largement ouverte, traversée par la ligne du chemin de fer qui conduit à Elaziz, s'engage brusquement, à partir du nouveau pont d'Ismet Pacha, près de Koemurhan, dans une gorge étroite dirigée du N-W au S-E, encadrée de hautes montagnes.

J'ai suivi cette gorge par sa rive droite, sur une longueur d'une dizaine de kilomètres, jusque près du village de Bekiran.

Le début de la gorge est taillé en paroi sur environ 1^{km} dans une roche grenue verte qui est, d'après la détermination de Mme Jérémine, qui a bien voulu examiner les rares échantillons que j'ai pu récolter, une diorite quartzifère ayant subi un broyage manifeste et un léger laminage. Cette énorme masse repose sur une zone de roches à patine blanche d'une épaisseur d'environ 50^m que je n'ai pu tâter mais qui m'a paru, à distance, par sa teinte, être une roche magnésienne sédimentaire. De pareilles zones de roches claires se renouvellent en aval en lardant une immense série formée de roches vertes et roses en alternance fréquentes, que l'on suit sur environ 8^{km}.

Il paraît évident que ces alternances sont bien dues à des répétitions par écailles ou plis très étirés.

A l'œil nu, les roches roses, schisteuses, m'ont fait l'impression d'être de vieilles roches à radiolaires. Le microscope montre leur vraie nature. Ce sont des séritoschistes singulièrement tachetés par de petits amas bien limités, en général sphériques ou ellipsoïdaux de chlorite. Il ne m'étonnerait point que ces taches représentent des radiolaires complètement épigénétisés.

Quant aux roches vertes de ce vaste complexe, ce sont des roches éruptives, des dolérites très altérées, composées de fibres d'amphibole disséminées, d'épidote, de leucoxène et plagioclases en voie d'albitisation. Ailleurs on croit reconnaître des spilites ou d'anciens basaltes.

A environ 100^{km} de l'entrée de la gorge, cette série rose vert laisse sortir de dessous d'elle, non loin du hameau de Bokiran, un massif de gneiss et micaschistes très tourmentés. Mais entre ce cristallin et les roches vertes j'ai découvert, dans des marbres en plaquettes, des Nummulites en général presque méconnaissables, mais dans des parties gréseuses on peut récolter de bons échantillons montrant *Numm. millecaput* et *Numm. perforatus.* En outre, en descendant dans la gorge à partir d'un contrefort à la cote d'environ 1350^m (Euphrate environ 600), on constate que cet Éocène moyen, formé par une brèche de base, accompagnée de couches de charbon, transgresse nettement sur le Cristallin. Sur la rive gauche on voit aussi nettement les couches charbonneuses encadrer à distance le gneiss sous-jacent. Enfin plus en aval encore, on peut distinguer, à la lunette, que sous les gneiss pénètrent une nouvelle série de roches vertes et roses.

Il est évident que cette découverte, certainement inattendue, indique l'existence de dislocations de très grande importance. Je n'ai su voir aucune charnière bien typique, de sorte que le sens de la poussée ne m'est pas apparu, mais vu l'aspect d'ensemble je crois que tout cela s'expliquera

par des jeux d'écailles ou de chevauchements plus ou moins importants dirigés vers le Sud, car le massif dioritique du pont de Koemurhan, à l'entrée de la gorge, a participé également aux mêmes mouvements.

II. J'ai fait une autre trouvaille intéressante dans la région nord-occidentale de l'Anatolie, le long du fleuve Sakarya, à l'ouest de la petite ville de Vezirhan, située au nord de Bilecik.

Le fleuve s'écoule à travers des gorges étroites taillées dans du calcaire jurassique. Entre deux de ces masses calcaires, soit entre les points désignés par les noms de Pasalar Bogazi et Selbukuk, le Sakarya traverse une région basse, certainement synclinale. Sur le calcaire jurassique reposent des couches de calcaires marneux gris, avec de place en place des lits de silex, et enfin des calcaires rouges, parfois marneux. Le tout rappelle étrangement le Crétacique des Préalpes romandes. Cette assimilation a été confirmée par l'étude de la microfaune de ces roches dans lesquelles on reconnaît d'une manière certaine la présence de globigérines, mais en particulier *Rosalina Linnei*, foraminifère caractéristique du Turonien pré-alpin.

Ainsi donc ce faciès *couches rouges* du Crétacique supérieur aurait une extension considérable puisqu'en dehors des Alpes on le connaît également en Andalousie.

M. S. Waksman fait hommage à l'Académie de la seconde édition de son Ouvrage intitulé *Humus, Original, Chemical Composition, and Importance in Nature*.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° P. Remlinger et J. Bailly. *La maladie d'Aujeszky*.

2° *Principes d'Agronomie*. Tome I. *La Dynamique du sol* par Albert Demolon. Deuxième édition (présenté par M. E. Schribaux).

3° Flore de la Guadeloupe et dépendances. *Catalogue des Phanérogames et Fougères avec contribution à la Flore de la Martinique*. Tome II, fasc. Ier, par H. et M. Stehlé et E. Quentin (présenté par M. Aug. Chevalier).

4° FAUNE DE FRANCE. 33. *Tuniciers*. Fasc. 2 : *Appendiculaires et Thaliacés* par HERVÉ HARANT et PAULETTE VERNIÈRES (présenté par M. L. Bouvier).

5° FAUNE DE FRANCE. 34. *Hyménoptères vespiformes*. III. (*Cleptidae*, *Chrysidae*, *Trigonalidae*) par L. BERLAND et F. BERNARD (présenté par M. L. Bouvier).

6° FAUNE DE FRANCE. 35. *Diptères Dolichopodidae* par O. PARENT (présenté par M. L. Bouvier).

7° Une série de tirages à part des publications de M. CHARLES KILIAN (présentée par M. A. Guilliermond).

8° *Catalogue of Foreign Scientific Serial Publications in the various Institutions in Japan* (3e édition), publié par The National Research Council of Tokyo.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur l'équation de Kolmogoroff.* Note de M. **WOLFGANG DŒBLIN**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. *Notations.* — Considérons le mouvement aléatoire d'un point mobile M sur une droite. La position de M à l'instant t sera aussi notée $X(t)$. Supposons qu'il existe une probabilité bien définie $F(x, y; s, t)$ [1] pour que le point mobile M, se trouvant à l'instant s en x, se trouve à l'instant t ($> s$) à gauche de y, cette probabilité ne dépendant pas du mouvement du point mobile antérieurement à l'instant t. Alors, sous certaines hypothèses de mesurabilité sur F, on aura

$$F(x, y; s, t) = \int_{-\infty}^{\infty} F(z, y; u, t)\, d_z F(x, z; s, u) \qquad (s < u < t); \tag{1}$$

$$\lim_{y \to -\infty} F(x, y; s, t) = 0, \qquad \lim_{y \to \infty} F(x, y; s, t) = 1; \tag{2}$$

$$F(x, y; s, t) \geqq F(x, y'; s, t) \qquad \text{si } y > y'. \tag{3}$$

Nous dirons alors que le mouvement est régi par l'*équation de Chapman-Kolmogoroff*. Supposons que, de plus, les coefficients suivants existent :

$$\lim_{t \to s} \frac{1}{t - s} \int_{|y-x|<1} (y - x)\, d_y F(x, y; s, t) = a(x, s), \tag{4}$$

$$\lim_{t \to s} \frac{1}{t - s} \int_{|y-x|<1} (y - x)^2\, d_y F(x, y; s, t) = \sigma^2(x, s), \tag{5}$$

$$\lim_{t \to s} \frac{1}{t - s} \int_{|y-x|<\eta} d_y F(x, y; s, t) = 0, \qquad \text{quel que soit } \eta, \tag{6}$$

[1] Cf. KOLMOGOROFF, *Math. Ann.*, 104, 1931, p. 418-58; FELLER, *Math. Ann.*, 113, 1936, p. 113-60.

sauf en certains points isolés, dits singuliers, qui pourront varier avec le temps d'une façon continue et pour lesquels on aura seulement (6). Alors nous dirons que le mouvement est régi par *l'équation de Kolmogoroff*. Nous dirons qu'il est régulier si (6) a lieu uniformément par rapport à x dans tout intervalle borné, que (4) et (5) existent (et que a et σ sont continues) uniformément par rapport à x dans tout intervalle borné ne contenant aucun point singulier et que

$$\lim_{\substack{x \to -\infty \\ t \to s}} [1 - F(x, y; s, t)](t-s)^{-1} = 0, \qquad \lim_{\substack{x \to +\infty \\ t \to s}} F(x, y; s, t)(t-s)^{-1} = 0.$$

Tout ce qui suit s'applique uniquement aux mouvements réguliers.

2. Énoncés. — I. *Presque sûrement*, $X(t)/1 + |X(t)|$ *est une fonction continue de* $t[X(t)$ pas nécessairement$]$. Si $\sigma^2[X(s), s] \neq 0$, $X(t)$ prend presque sûrement une infinité de fois la valeur $X(s)$ et si $\sigma^2[X(s), s] = 0$,

$$\lim_{t \to s} \frac{|X(t) - X(s)|}{\sqrt{(t-s)\log_2(t-s)^{-1}}} = 0, \quad \text{presque sûrement.}$$

De plus (généralisations de propositions de MM. Khintchine et P. Lévy), si $\sigma[X(s), s] \neq 0$,

$$\overline{\lim_{t \to s}} \frac{|X(t) - X(s)|}{\sqrt{(t-s)\log_2(t-s)^{-1}}} = \sqrt{2}\sigma[X(s), s], \quad \text{presque sûrement}$$

si a et σ sont bornés, $\sigma < K$ et s'il n'y a pas de points singuliers, il existe presque sûrement un τ tel que $|t - t'| < \tau$ et $0 \leq t$, $t' < T$ entraîne

$$|X(t) - X(t')| < K\sqrt{2(t-t')\log(t-t')^{-1}}.$$

II. $t - s$ étant très petit, la loi de $X(t) - X(s)$ est équivalente à une loi de Gauss de moyenne $a[X(s), s](t-s)$ et d'écart-type

$$\sigma[X(s), s]\sqrt{t-s} \qquad (\text{si } \sigma \neq 0).$$

Le mouvement local résulte donc, si $\sigma \neq 0$, *de la superposition par addition d'un déplacement non aléatoire de vitesse* $a(x, s)$ *et d'un mouvement gaussien de moyenne nulle et d'écart-type* $\sigma\sqrt{t-s}$ ($\sigma =$ *amplitude du mouvement gaussien*). Cette décomposition du mouvement local n'est pas invariante dans un changement de variables.

III. *Si* $X(t)$ *est presque sûrement continu quel que soit* $X(s)$ $(t > s)$, *si* F *est une fonction continue de* x, $1 - F(x, y; s, t)$ *est* (y, s, t *restant fixes*) *une fonction de répartition par rapport à* x.

En utilisant le théorème d'existence de M. Feller (1) et I, II, III, on démontre :

IV. *Si l'on se donne arbitrairement des fonctions* $a(x, s)$, $\sigma(x, s)$ *continues et bornées avec* $\sigma > 0$, *il existe une fonction* $F[x, y; s, t \mid a, \sigma]$ *solution de l'équation de Kolmogoroff avec les coefficients* a, σ. *Cette solution est continue par rapport à* x, y, s, t, $(t \neq s)$, *monotone par rapport à* x (*et* y). *Il en est de même si,* a *et* σ *n'étant pas bornées, l'on peut trouver, quel que soit* ε, *des fonctions deux fois dérivables* $\bar{a}$ *et* $\bar{\sigma}$ *avec* $|a - \bar{a}| < \varepsilon$, $|\sigma - \bar{\sigma}| < \varepsilon$ *pour lesquels on peut prouver que* $\Pr\{|X(t)| > k,\ T_1 < t < T_2\} < \eta(k)$ *avec* $\eta(k) \to 0$ *si* $k \to \infty$.

GÉOMÉTRIE. — *Sur certaines déformations d'ordre supérieur.* Note de M. **Georges Tzitzeica**, transmise par M. Paul Montel.

1. On sait qu'on peut faire correspondre à un couple de surfaces applicables d'un espace euclidien à trois dimensions un réseau quadratique (x) d'un espace à sept dimensions dont les premiers transformés de Laplace (x_1) et (x_{-1}) sont tracés sur la même variété quadratique Q que (x). La réciproque est vraie.

On peut généraliser ce résultat : Si l'on a dans un espace à $2q - 1$ dimensions un réseau quadratique (x), tel que les transformés de Laplace (x_1), (x_2), ..., (x_p) et (x_{-1}), (x_{-2}), ..., (x_{-p}) soient tracés sur la même variété quadratique non singulière Q, on peut lui faire correspondre dans un espace euclidien à $q - 1$ dimensions un couple de surfaces applicables d'ordre p, c'est-à-dire de surfaces qui se correspondent avec conservation des longueurs des arcs et des courbures jusqu'à la $p - 1^{\text{ième}}$ des courbes correspondantes.

2. Je me propose de montrer que le théorème précédent permet d'établir une relation intéressante entre certains réseaux à invariants égaux et à suite de Laplace périodique et certaines déformations d'ordre supérieur.

Considérons, en effet, dans un espace projectif à $4p - 1$ dimensions un réseau (x) à invariants égaux tel que son $4p^{\text{ième}}$ tranformé de Laplace (x_{4p}) soit identique à (x). On sait qu'alors tous les réseaux de la suite de Laplace, sauf (x) et (x_{2p}), sont tracés sur une même variété quadratique Q à $4p - 2$ dimensions. Il en résulte que les réseaux (x_p) et (x_{3p}) conduisent, dans un espace euclidien à $2p - 1$ dimensions, à deux couples de réseaux applicables, (X_p) et (X'_p) d'un côté et (X_{3p}) et (X'_{3p}) de l'autre, et que la

déformation qui permet de passer des surfaces (X_p) et (X_{3p}) aux surfaces applicables (X'_p) et (X'_{3p}) est d'ordre $p-1$.

3. Ce qu'il y a d'intéressant c'est que les deux couples (X_p) et (X'_p), (X_{3p}) et (X'_{3p}) de surfaces applicables sont liés par des relations géométriques remarquables.

Remarquons tout d'abord qu'en vertu de la périodicité de la suite de Laplace, on a

$$(xx_{2p}) = \sum_{i=1}^{4p+1} x^{(i)} x^{(i)}_{2p} = 0, \qquad (x_r x_s) = 0 \quad \text{pour} \quad r+s \neq 4p,$$
$$(x_r x_s) = (-1)^r \quad \text{pour} \quad r+s = 4p.$$

On en déduira que les polygones

$$X_1 X_2 \ldots X_{2p-1} \quad \text{et} \quad X'_1 X'_2 \ldots X'_{2p-1}$$

sont égaux et qu'il en est de même des polygones

$$X_{2p+1} X_{2p+2} \ldots X_{4p-1} \quad \text{et} \quad X'_{2p+1} X'_{2p+2} \ldots X'_{4p-1}.$$

On peut aller plus loin : considérons le polyèdre P ayant les polygones $X_1 X_2 \ldots X_{2p-1}$ et $X_{2p+1} X_{2p+2} \ldots X_{4p+1}$ comme bases et les segments $X_r X_s$, où $r+s \neq 4p$, comme arêtes, de même que le polyèdre analogue P′ déterminé par les polygones

$$X'_1 X'_2 \ldots X'_{2p-1} \quad \text{et} \quad X'_{2p+1} X'_{2p+2} \ldots X'_{4p-1}.$$

La relation géométrique que je voulais mettre en évidence est la suivante : *Les polyèdres* P *et* P′ *ont leurs arêtes égales sans que les polyèdres soient superposables ni symétriques.*

Pour $p = 2$, on a deux couples de surfaces applicables dans un espace euclidien à trois dimensions et les polyèdres P et P′ sont des octaèdres de Bricard.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'indétermination d'un problème voisin du problème des moments.* Note de M. **Georges Pólya**, présentée par M. Émile Borel.

Théorème. — *Étant donnée une suite quelconque de nombres $a_0, a_1, a_2, \ldots$, il existe des fonctions $\Psi(x)$ qui sont à variation bornée dans l'intervalle*

$-\infty < x < \infty$ et satisfont aux équations

$$\int_{-\infty}^{\infty} x^n d\Psi(x) = a_n \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots) \tag{1}$$

en nombre infini en rendant les premiers membres absolument convergents.

COMPLÉMENT I. — *Donnons une suite infinie, à termes réels tous différents, sans point limite fini $b_1, b_2, b_3, \ldots$. Parmi les fonctions $\Psi(x)$ mentionnées il y en a qui sont constantes en chaque intervalle qui ne contient aucun des points $b_1, b_2, b_3, \ldots$.*

COMPLÉMENT II. — *Parmi les fonctions $\Psi(x)$ mentionnées il y a en a qui sont des fonctions entières transcendantes.*

Le théorème énoncé ici dépasse un peu un théorème de R. P. Boas Jr., énoncé récemment dans une Note de J. Shohat [1], et montre que la restriction imposée par Boas à la suite $a_0, a_1, a_2, \ldots$ (que certains déterminants soient différents de 0) est superflue. Les compléments indiquent la marge d'indétermination laissée par les équations (1) à la fonction $\Psi(x)$. Le théorème n'est pas essentiellement nouveau; il est contenu dans certains résultats de Borel [2]. Soit, en effet, $\Psi(x)$ la fonction du type considéré au complément I; désignons par u_k le saut brusque de $\Psi(x)$ au point $x = b_k$; la fonction $\Psi(x)$ est déterminée, à une constante additive près, par la suite $u_1, u_2, \ldots$ et les équations (1) prennent la forme

$$b_1^n u_1 + b_2^n u_2 + \ldots + b_k^n u_k + \ldots = a_n \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots). \tag{2}$$

Mais c'est justement des équations (2) que Borel s'occupe (*loc. cit.*); même son résultat concernant le cas particulier $b_k = k$ [3] suffit à établir le théorème énoncé au début. J'ai trouvé une nouvelle démonstration des résultats de Borel, donc du théorème de cette Note avec son complément I; sa marche générale est la même que celle de la démonstration suivante du complément II.

LEMME. — *Donnons les nombres n, ε, A; n est un entier positif, ε est positif,* A *quelconque* (ε est petit, $|A|$ grand). *Il existe une fonction entière $g(x)$*

---

(1) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 556-558.

(2) *Sur quelques points de la théoree des fonctions. Thèse de doctorat*, 1894, Paris; et *Annales de l'École Normale*, 3e série, **12**, 1895, p. 9-55; voir p. 38-44.

(3) Ce cas équivaut au problème traité par M. Borel, *loc. cit.*, p. 38-42.

satisfaisant aux conditions

1° $$\int x^\nu g(x)\, dx = \begin{cases} A & \textit{pour } \nu = n, \\ 0 & \textit{pour } \nu = 0, 1, 2, \ldots, n-1; \end{cases}$$

2° $$\int |x^\nu g(x)|\, dx < \varepsilon \quad \textit{pour } \nu = 0, 1, 2, \ldots, n-1;$$

3° $$|g(z)| < \varepsilon \quad \textit{dans le cercle } |z| \leqq n.$$

Dans ce lemme comme dans ce qui suit les intégrales sans indication des limites sont étendues de $-\infty$ à $+\infty$. Posons

$$\frac{(-1)^n}{n!\sqrt{\pi}} \frac{d^n e^{-z^2}}{dz^n} = f(z).$$

$f(z)$ est une fonction entière et l'on a

$$\int x^\nu f(x)\, dx = \begin{cases} 1 & \text{pour } \nu = n, \\ 0 & \text{pour } \nu = 0, 1, 2, \ldots, n-1; \end{cases}$$

$$\int |x^\nu f(x)|\, dx \leqq \mathcal{L} \quad \text{pour } \nu = 0, 1, 2, \ldots, n-1;$$

$$|f(z)| \leqq M \quad \text{dans le cercle } |z| \leqq 1,$$

où $\mathcal{L}$ et M désignent des constantes positives appropriées. Choisissons un nombre positif α satisfaisant aux inégalités

$$|A|\mathcal{L}\alpha < \varepsilon, \quad |A| M \alpha^{n+1} < \varepsilon, \quad n\alpha < 1$$

et posons

$$\beta = A\alpha^{n+1}.$$

En posant $g(z) = \beta f(\alpha z)$, on voit aisément que $g(z)$ possède toutes les propriétés exigées par le lemme. Le lemme démontré, on obtient la dérivée Ψ' de la fonction dont l'existence a été annoncée au complément II sous la forme

$$\Psi'(z) = g_0(z) + g_1(z) + \ldots + g_n(z) + \ldots,$$

où $g_0(z) = a_0 e^{-\pi z^2}$. Étant donné $g_0(z)$, $g_1(z)$, $\ldots$, $g_{n-1}(z)$, on choisit la fonction entière $g_n(z)$, en se servant du lemme, telle que

1° $$\int x^n [g_0(x) + \ldots + g_{n-1}(x) + g_n(x)]\, dx = a_n,$$

$$\int x^\nu g_n(x)\, dx = 0 \quad \text{pour } \nu = 0, 1, 2, \ldots, n-1;$$

2° $$\int |x^\nu g_n(x)|\, dx < 2^{-n} \quad \text{pour } \nu = 0, 1, 2, \ldots, n-1;$$

3° $$|g_n(z)| < 2^{-n} \quad \text{dans le cercle } |z| \leqq n.$$

Nous venons de démontrer l'existence d'une solution entière, donc indéfiniment dérivable de (1). D'autre part, étant donné d'avance un ensemble E dénombrable, il existe une solution dont les points de discontinuité forment précisément l'ensemble E.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Familles bornées de fonctions de deux variables complexes dans des domaines avec une surface remarquable.* Note de MM. **Stefan Bergmann** et **Menahem Schiffer**, présentée par M. Paul Montel.

Une fonction analytique $f(z)$ est complètement définie par ses valeurs sur la frontière. Ce fait est lié à quelques théorèmes fondamentaux de la théorie des fonctions (principe de maximum, lemme de Schwarz etc.). Dans quelques généralisations de ces théorèmes au cas de certains domaines de l'espace de z_1, z_2 ($z_\nu = x_\nu + iy_\nu$), il est utile de remplacer la courbe frontière, non par toute la frontière (à trois dimensions), mais par une certaine surface frontière, qu'on appelle *surface remarquable* [1]. Un cas important de domaine possédant une surface remarquable est fourni par les domaines $\mathfrak{M}^4$ [2], dont la frontière est composée par un nombre fini de *morceaux d'hypersurfaces analytiques*

$$\mathfrak{i}_k^3 = \mathbf{E}[z_\nu = h_\nu^{(k)}(Z, \lambda),\ 0 \leqq \lambda \leqq 2\pi,\ |Z| \leqq 1,\ \nu = 1, 2] \qquad (k = 1, 2, \ldots, n).$$

$h_\nu^{(k)}(Z, \lambda)$ sont des fonctions de Z, λ possédant des dérivées du premier ordre continues, qui sont, pour λ fixe, des fonctions analytiques de Z. $\mathfrak{f}^2 = \mathsf{S}\,\mathfrak{i}_\varkappa^3 . \mathfrak{i}_k^3$ ($\varkappa$, $k = 1, 2, \ldots, n$), $\varkappa \neq k$, forme la surface remarquable de $\mathfrak{M}^4$. Chaque point P de la frontière $\mathsf{S}\,\mathfrak{i}_k^3$ sera appelé un point K, si $P \subset \mathfrak{f}^2$, un point I, si $P \not\subset \mathfrak{f}^2$. Nous supposons que l'intersection $\mathfrak{M}^4 . (z_\nu = t_\nu)$, pour chaque t_ν et $\nu = 1$ ou 2, est un domaine plan dont la frontière est une courbe simple, qui contient au plus m points K ($m < \infty$), et sauf en ces points possède partout une tangente.

Théorème. — *Si pour la famille des fonctions $f_n(z_1, z_2)$, régulières*

(1) Voir principalement S. Bergmann, *Recueil math.*, 1 (43), 1936, p. 851-862; *Math. Z.*, 39, 1934, p. 76-94 et 605-608; *Math. Ann.*, 104, 1931, p. 611-636, où est développée la théorie des domaines avec une surface remarquable.

(2) L'indice supérieur désigne la dimension de la variété considérée; S désigne l'ensemble réunion. ($\mathsf{S}\,\mathfrak{i}_3^k$ désigne la frontière totale de $\mathfrak{M}^4$.)

dans $\mathfrak{M}^4$, *on a dans* $\mathfrak{M}^4$ $|f_n| \leq A < \infty$ *et si* $\mathcal{F}_{nk}(Z, \lambda) \equiv f_n[h_2^{(k)}(Z, \lambda), h_2^{(k)}(Z, \lambda)]$ *possèdent la propriété que* $|\mathcal{F}_{nk}(Z, \lambda_1) - \mathcal{F}_{nk}(Z, \lambda_2)| \leq \varepsilon$ *pour* $|\lambda_1 - \lambda_2| \leq \delta(\varepsilon, |Z|)$ *où l'on a* $\lim_{\varepsilon \to 0} \delta(\varepsilon, |Z|) = 0$ *uniformément en* $|Z|$ *pour* $|Z| \leq a < 1$, *alors on peut extraire une suite partielle* $f_r(z_1, z_2)$ *telle que* $\lim f_r = f$ *soit une fonction régulière en* $\mathfrak{M}^4$ *possédant en chaque point* $I = \{z_1, z_2\}$ *une valeur limite*

$$f(z_1, z_2) = \lim_{\{t_1, t_2\} \to \{z_1, z_2\}} f(t_1, t_2) = \lim_{r \to \infty} f_r(z_1, z_2), \qquad \{t_1, t_2\} \subset \mathfrak{M}^4.$$

Démonstration. — D'après nos hypothèses, les $\mathcal{F}_{nk}$ forment une famille normale pour chaque k et λ fixes. De

$$(1) \quad |\mathcal{F}_{nk}(Z, \lambda) - \mathcal{F}_{nk}(Z', \lambda)| \leq (2\pi)^{-1} \int A\,|Z - Z'|\,|\zeta - Z|^{-1}\,|\zeta - Z'|^{-1}\,|d\zeta| \leq \mathcal{B}|Z - Z'|$$

on tire que les $\mathcal{F}_{nk}$ sont également continues par rapport à Z pour $|Z| \leq a < 1$. Alors il existe pour chaque point $\{Z_0, \lambda_0\}$ fixe un voisinage $\mathfrak{u}^3(Z_0, \lambda_0)$ tel qu'on a pour chaque $\{Z, \lambda\} \subset \mathfrak{u}^3(Z_0, \lambda_0)$ l'inégalité $|\mathcal{F}_{nk}(Z, \lambda) - \mathcal{F}_{nk}(Z_0, \lambda_0)| \leq \varepsilon$. D'après le théorème de Borel-Lebesgue on peut pour tout $\varepsilon > 0$ couvrir le domaine $|Z| \leq a$, $0 \leq \lambda \leq 2\pi$ par un nombre fini de $\mathfrak{u}^3(Z_\nu, \lambda_\nu)$. On peut trouver N_0 tel que pour $m \geq n \geq N_0$ on ait $|\mathcal{F}_{mk}(Z_\nu, \lambda_\nu) - \mathcal{F}_{nk}(Z_\nu, \lambda_\nu)| \leq \varepsilon$ et par suite on a pour tous les $|Z| \leq a$, $0 \leq \lambda \leq 2\pi$ l'inégalité

$$|\mathcal{F}_{mk}(Z, \lambda) - \mathcal{F}_{nk}(Z, \lambda)| \leq 3\varepsilon.$$

Donc, on peut extraire une suite partielle $f_r(z_1, z_2)$ telle que dans $\mathfrak{Si}_k^3 - \mathfrak{s}^2$ les $f_r(z_1, z_2)$ convergent (uniformément dans chaque domaine $\mathfrak{l}^3, \overline{\mathfrak{l}}^3 \subset \mathfrak{Si}_k^3 - \mathfrak{s}^2$) vers une fonction limite, que nous désignerons par $f(z_1, z_2)$.

Mettons en chaque point K de $\mathfrak{s}^2$ l'hypersphère de centre K et de rayon δ; ces hypersphères découpent dans $\mathfrak{Si}_k^3$ un ensemble $\mathfrak{q}_\delta^3$. $f(z_1, z_2)$ est uniformément continu dans chaque $\mathfrak{Si}_k^3 - \mathfrak{q}_\delta^3$, $\delta > 0$.

Soit $\zeta = g(z_1, t_2)$ la fonction, qui transforme conformément

$$\mathfrak{D}^2(t_2) = \mathfrak{M}^4 . (z_2 = t_2)$$

en le cercle $|\zeta| < 1$ et $z_1 = p(\zeta, t_2)$. La frontière de $\mathfrak{D}^2(t_2)$ étant une courbe de Jordan et variant continûment avec t_2, il résulte d'un théorème de Courant-Radó ([3]) que $g(z_1, t_2)$ est une fonction continue z_1, t_2 dans $\overline{\mathfrak{M}}^4$. Pour tout t_2 les images de points de $\mathfrak{q}_\delta^3$ ne couvriront donc sur le cercle

---

([3]) R. Courant, *Nachr. d. k. Gesellsch. d. Wiss. Göttingen*, 1914, p. 101-109 et 1922, p. 69-70; T. Radó, *Acta litt. Ac. sc. R. Univ. Hung.*, Szeged, 1, 1922, p. 180-186.

$|\zeta| = 1$ que des arcs de longueur totale $\leqq \varepsilon(\delta)$, où $\lim_{\delta \to 0} \varepsilon(\delta) = 0$ uniformément par rapport à t_2. Dans le reste du cercle $|\zeta| = 1$, $f[p(\zeta, t_2), t_2]$ est continu uniformément par rapport à t_2. Nous définissons $f(t_1, t_2)$, en chaque point intérieur $\{t_1, t_2\}$, par

$$(2) \quad f(t_1, t_2) = f[p(\zeta_0, t_2), t_2] = (2\pi i)^{-1} \int_{|\zeta|=1} f[p(\zeta, t_2), t_2][(\zeta - \zeta_0)^{-1} - (\zeta - \bar{\zeta}_0^{-1})^{-1}]\, d\zeta.$$

$f(t_1, t_2)$ est dans $\mathfrak{M}^4$ une fonction analytique de t_1, t_2. (2) étant vrai, si l'on remplace f par f_r, $f_r(z_1, z_2)$ étant uniformément convergent sauf sur des arcs de longueur totale arbitrairement petite, on a dans $\mathfrak{M}^4$:

$$\lim f_r(t_1, t_2) = f(t_1, t_2).$$

L'équation (2) donne la représentation sous la forme d'intégrale de Poisson de la partie réelle et imaginaire de f. Par une modification légère d'une démonstration antérieure ([4]), on en déduit, que $f(t_1, t_2) \to f(z_1, t_2)$ pour $t_1 \to z_1$, uniformément par rapport à t_2, si $\{z_1, t_2\} \subset \mathfrak{Si}_k^3 - \mathfrak{q}_\delta^3$, $\delta > 0$. $f(z_1, z_2)$ étant continu sur $\mathfrak{Si}_k^3 - \mathfrak{f}^2$ il en résulte que $\lim f(t_1, t_2) = f(z_1, z_2)$ si $\{t_1, t_2\} \to \{z_1, z_2\}$, $\{z_1, z_2\} \subset \mathfrak{Si}_k^3 - \mathfrak{f}^2$.

GÉODÉSIE. — *Mesures de l'intensité de la pesanteur au Maroc.* Note de M. **Georges Roux**, présentée par M. Georges Perrier.

Les valeurs qui suivent de l'intensité de la pesanteur ont été déterminées à l'aide du pendule Holweck-Lejay n° 67 du Comité national marocain de Géodésie et Géophysique.

L'étalonnage de ce pendule a été fait en utilisant des mesures à l'Institut du Radium de Paris ($g = 980{,}943$) où M. Holweck a opéré, et à l'Observatoire Averrhoès, près de Ber Rechid ($g = 979{,}563$). Cette dernière station avait été occupée en décembre 1933 par le capitaine Reignier, du Service géographique de l'Armée, qui s'était servi d'un appareil Mioni appartenant au Comité national français de Géodésie et Géophysique. Le coefficient de température a été déterminé à Paris par M. Holweck. J'ai adopté pour les constantes k et g_0 les valeurs $k = 172{,}51$ et $g_0 = 984{,}822$.

En avril et mai 1938, j'ai effectué diverses mesures au Maroc, ainsi qu'à Mascara (Algérie) et à l'Observatoire de la Bouzaréah. Au cours de cette

([4]) Bergmann, *Math. Ann.*, 102, 1931, p. 617.

Stations.	Latitudes.	Longitudes Greenwich.	Altitudes (mètres).	Densités.	Années.	g (gals).	g_0 (gals).	g''_0 (gals).	γ_0 (gals).	$g_0-\gamma_0$ (mgals).	$g''_0-\gamma_0$ (mgals).	γ'_0 (gals).	$g_0-\gamma'_0$ (mgals).	$g''_0-\gamma'_0$ (mgals).
Marseille........	43°18′,2	5°23′,4 E	61	2,6	1936	980,490	980,509	980,502	980,462	47	+ 40	980,476	+ 33	+26
Meknès..........	33.54,5	5.33,3 W	513	2,4	1938	979,516	979,674	979,622	979,638	36	− 16	979,653	+ 21	−31
Fez.............	34. 2,6	5. 0,3 W	402	2,4	»	979,530	979,654	979,614	979,650	4	− 36	979,665	− 11	−51
Guercif..........	34.13,5	3.21,9 W	367	2,3	»	979,592	979,705	979,670	979,664	41	+ 6	979,680	+ 25	−10
Bouzaréah.......	36.47,8	3. 2,1 E	348	2,5	»	979,919	980,026	979,990	979,884	142	+106	979,899	+127	+91
Mascara.........	35.23,8	0. 8,7 E	594	2,5	»	979,645	979,828	979,766	979,764	64	+ 2	979,779	+ 49	−13
Berkane.........	34.56,8	2.19,8 W	149	2,4	»	979,702	979,748	979,733	979,726	22	+ 7	979,741	+ 7	− 8
Oujda...........	34.40,2	1.54,6 W	578	2,3	»	979,566	979,744	979,688	979,702	42	− 14	979,718	+ 26	−30
Debdou..........	33.59,5	3. 2,4 W	(940)	2,5	»	979,403	979,693	979,594	979,645	48	− 51	979,661	+ 32	−67
Berkine..........	33.45,2	3.49,8 W	1283	2,4	»	979,355	979,751	979,622	979,625	126	− 3	979,641	+110	−19
Outat-Oula-El-Haj.	33.20,4	3.42,3 W	747	2,3	»	979,374	979,605	979,533	979,590	15	− 57	979,606	− 1	−73
Missour..........	33. 2,9	3.58,7 W	875	2,3	»	979,316	979,586	979,501	979,566	20	− 65	979,582	+ 4	−81
Immouzer des Marmoucha.	33.28,8	4.17,7 W	(1650)	2,4	»	979,219	979,728	979,562	979,602	126	− 40	979,618	+110	−56
Enjil des Ait-Lahsene.	33.11,2	4.33,1 W	(1560)	2,3	»	979,166	979,647	979,497	979,578	69	− 81	979,594	+ 53	−97
Ifrane...........	33.31,0	5. 7,2 W	1638	2,4	»	979,259	979,764	979,599	979,605	159	− 6	979,621	+143	−22
Khemisset.......	33.49,5	6. 3,9 W	445	2,4	»	979,551	979,688	979,643	979,631	57	+ 12	979,647	+ 41	− 4
Oulmès..........	33.26,0	6. 0,7 W	1220	2,6	»	979,354	979,730	979,597	979,598	132	− 1	979,614	+116	−17
Moulay-Bou-Azza..	33.13,7	6.11,8 W	(1066)	2,5	»	979,368	979,697	979,585	979,581	116	+ 4	979,597	+100	−12
Boujad...........	32.46,2	6.24,2 W	675	2,5	»	979,390	979,598	979,527	979,544	54	− 17	979,560	+ 38	−33
Khouribga.......	32.52,9	6.54,7 W	800	2,2	»	979,401	979,648	979,574	979,553	95	+ 21	979,569	+ 79	+ 5
Casablanca.......	33.34,3	7.36,6 W	14	2,5	»	979,657	979,661	979,660	979,610	51	+ 50	979,626	+ 35	+34
Boulhaut.........	33.36,9	7. 7,1 W	274	2,5	»	979,598	979,683	979,654	979,614	69	+ 40	979,629	+ 54	+25
Marchand........	33.31,6	6.36,1 W	461	2,3	»	979,555	979,697	979,653	979,606	91	+ 47	979,622	+ 75	+31
Rabat...........	34. 1,0	6.50,3 W	28	2,5	»	979,662	979,671	979,668	979,647	24	+ 21	979,663	+ 8	+ 5

campagne, pour une cause inconnue, l'élasticité du pendule s'est trouvée modifiée entre l'Observatoire Averrhoès et Meknès. La modification a été temporaire et à Missour, l'appareil semble avoir repris son état primitif. La mesure à la station de référence de l'Observatoire de la Bouzaréah et celles en différentes stations précédemment occupées par M. Jean Lagrula (Meknès, Fès, Guercif, Mascara, Oujda, Outat El Haj, Missour et Rabat), m'ont amené, pour corriger cette modification de l'élasticité, à ajouter $+13$ mgals à la valeur de la constante g_0 pour toutes les stations comprises entre Meknès et Outat El Haj inclus.

J'ai effectué pendant quatre jours à Ifrane des mesures à température variable, dans le but de vérifier la valeur du coefficient de température. J'ai obtenu des résultats différents de ceux trouvés à Paris par M. Holweck. Autrement dit la relation pesanteur-période-température n'était plus la même. J'ai utilisé pour toutes les mesures de cette campagne le coefficient déterminé à Ifrane, compte tenu de la valeur de la période observée.

Par ailleurs les nombreuses mesures faites à l'Observatoire Averrhoès de novembre 1936 à septembre 1938 donnent des résultats concordants avec un écart maximum de 2 mgals et révèlent une variation dite séculaire de la période très régulière, qui atteint 0,005 s. en septembre 1938. Il ne s'est donc produit aucune modification durable de l'élasticité du pendule.

Les résultats de ces mesures sont portés dans le tableau ci-contre, suivant les notations de l'Association internationale de Géodésie. Les corrections topographiques et isostasiques n'ont pas été effectuées. Les altitudes entre parenthèses, correspondant à des régions où aucun nivellement n'a encore été effectué, sont données à plusieurs dizaines de mètres près et devront être ultérieurement vérifiées.

J'ai calculé que la précision de ces mesures en campagne restait comprise entre 5 et 10 mgals. Les valeurs de la gravité sont susceptibles d'être retouchées après vérification de l'étalonnage du pendule.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur un théorème de lord Rayleigh.*

Note de M. **Ou Sing-Mo**, présentée par M. Henri Villat.

L'important problème de la stabilité des mouvements fluides a été abordé dans des Mémoires classiques, par la méthode des petits mouvements. L'examen des difficultés que comporte cette méthode nous a

entraîné à une extension d'un résultat dû à lord Rayleigh (*Scientific Papers*, 6, p. 197).

En considérant le mouvement périodique d'un fluide parfait entre les droites $y = \pm b$, on est amené à l'étude du système

$$(1)\quad \begin{cases} [(\alpha^2 A - A'')^2 + (\alpha^2 B - B'')^2] q + (A''B - AB'') u_0'' = 0, \\ [(\alpha^2 A - A'')^2 + (\alpha^2 B - B'')^2](u_0 - p) + [\alpha^2(A^2 + B^2) - AA'' - BB''] u_0'' = 0, \end{cases}$$

$$A(\pm b) = 0, \qquad B(\pm b) = 0,$$

où A et B sont deux fonctions inconnues, α, p et q des constantes réelles; $u_0(y)$ la fonction qui définit la distribution initiale des vitesses.

Lord Rayleigh a prouvé que, si u_0'' ne s'annule pas dans $(-b, +b)$, la constante q doit être nulle. Nous avons cherché à généraliser ce théorème sous la seule condition de continuité de u_0''. Voici en abrégé la démonstration : Intégrons la première équation de (1) entre les limites $y = \pm b$, puis ajoutons au résultat obtenu la quantité *nulle*

$$\int_{-b}^{+b} [P(A^2 + B^2) + 2\alpha^2 q (AA' + BB')]' \, dy,$$

où $P(y)$ est une fonction arbitraire de y; nous obtenons

$$(2)\quad \int_{-b}^{+b} \left\{ 2\alpha^2 q \left[\left(A' + \frac{PA}{2\alpha^2 q} \right)^2 + \left(B' + \frac{PB}{2\alpha^2 q} \right)^2 \right] + q \left[\left(A'' + \frac{u_0'' B}{2q} \right)^2 + \left(B'' - \frac{u_0'' A}{2q} \right)^2 \right] + \left[\alpha^4 q + P' - \frac{P^2}{2\alpha^2 q} - \frac{(u_0'')^2}{4q} \right] (A^2 + B^2) \right\} dy = 0.$$

Si q était différent de zéro, nous pourrions déterminer P tel que

$$P' - \frac{P^2}{2\alpha^2 q} - \frac{(u_0'')^2}{4q} = 0,$$

et l'équation (2) ne pourrait être satisfaite que pour $A \equiv B \equiv 0$, ce qui, comme on le sait, doit être exclu.

Par un raisonnement analogue, nous concluons de la deuxième équation (1) que, si $(u_0 - p)$ ne s'annule pas dans $(-b, +b)$, A et B doivent être nulles dans $(-b, +b)$.

Ce résultat est d'importance dans l'étude des complications qu'entraîne ici la méthode des petits mouvements.

MOTEURS A EXPLOSION. — *Étude énergétique de la combustion à volume constant. Combustion fictive. Combustion réelle.* Note [1] de M. **Lucien Reingold**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons exposé [2] une méthode simple pour déterminer les constituants de la molécule des gaz brûlés d'une combustion fictive (sans dissociation) parfaite ou imparfaite en mélange homogène quelconque. Ces constituants se calculent en fonction de :

1° a_{CO^2} et a_{H^2O} (titres de CO^2 et de H^2O des gaz brûlés pour la combustion fictive en mélange théorique) caractérisant le combustible étudié.

2° Un facteur μ fonction des caractéristiques de la combustion étudiée qui sont :

a. k, proportion d'air admis par rapport à l'air théorique ;

b. θ_A, fraction d'air utilisé par rapport à la quantité totale admise ;

c. θ_C, fraction de combustible efficace, c'est-à-dire la fraction de la masse totale de combustible qui se retrouve dans l'ensemble des produits CO^2—CO—H^2O et H^2.

Dans ces conditions, la composition de la molécule de gaz brûlés, pour la combustion fictive considérée, est indiquée ci-dessous, colonne 1.

Constituant des gaz brûlés.	(1). Combustion fictive (1 molécule).	(2). Combustion réelle (1 + ε molécules). $\varepsilon = \frac{1}{2}\left(y + t + \frac{s+u}{2} + u + v\right)$.
CO^2	$\mu a_{CO^2}(1 - k_{CO^2})$	$\mu a_{CO^2}(1 - k_{CO^2}) - y$
CO	$\mu a_{CO^2} k_{CO^2}$	$\mu a_{CO^2} k_{CO^2} + y$
H^2O	$\mu a_{H^2O}(1 - k_{H^2O})$	$\mu a_{H^2O}(1 - k_{H^2O}) - \left(t + \frac{s+u}{2}\right)$
H^2	$\mu a_{H^2O} k_{H^2O}$	$\mu a_{H^2O} k_{H^2O} + t$
O^2	μa_{O^2}	$\mu a_{O^2} + \frac{1}{2}\left(y + t - \frac{s-u}{2} - v\right)$
N^2	$1 - \Sigma(\mu a)$	$1 - \Sigma(\mu a)$
OH	–	s
H	–	u
O	–	v

L'étude énergétique d'une combustion, objet de la présente Note, a pour

---

(1) Séance du 17 octobre 1938.

(2) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1792.

but de déterminer son *effet thermique* (dont résulte la température de combustion). Il dépend de la capacité calorifique totale du système considéré. Celle-ci est évaluée en fonction des chaleurs spécifiques moyennes à volume constant $(c_v)_{300}^T$ des constituants des gaz brûlés.

Dans nos calculs nous utiliserons le fait que les capacités calorifiques $(q_v)_{300}^T = (c_v)_{300}^T \times (T - 300)$ des constituants des gaz brûlés varient linéairement de 2000 à 3000°K.; dans cet intervalle $(q_v)_{300}^T = \varphi_A T + \rho_A$.

Nous avons déterminé les valeurs numériques de φ_A (3) et de ρ_A.

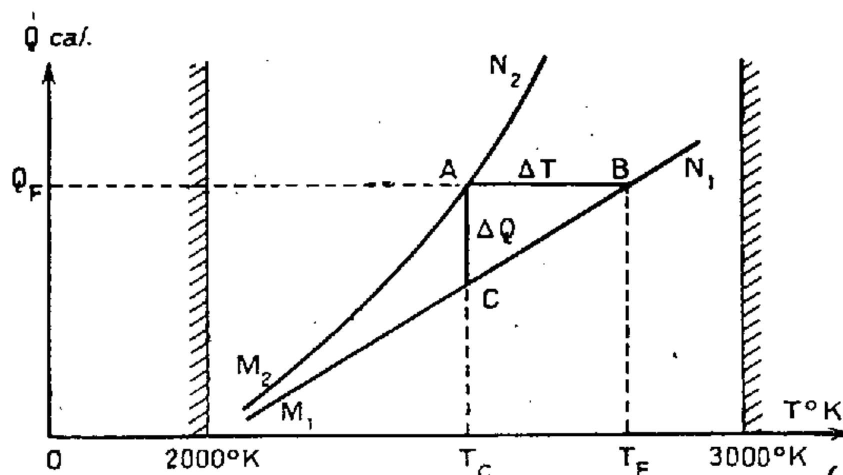
L'étude énergétique d'une combustion réelle quelconque en mélange homogène s'effectue à partir de l'étude énergétique de la combustion fictive correspondante effectuée préalablement. On utilise, dans les deux cas, les compositions de molécules de gaz brûlés indiquées au tableau.

A. *Étude de la combustion fictive.* — Pour une quantité d'énergie thermique totale Q_F fournie au système par molécule de gaz brûlés, et pour les constituants suivant composition précitée, la température fictive de combustion correspondante est : $T_F = (Q_F - P_A)/\Phi_A$ en °K.

P_A et Φ_A (4) se calculent à partir des données du Tableau (colonne 1) et des valeurs numériques de φ_A et de ρ_A des différents constituants.

Il résulte de l'équation de T_F que le diagramme (Q, T) pour la combustion fictive est une droite M_1N_1, dans l'intervalle de température considéré (voir figure). T_F est donc une *donnée secondaire*.

B. *Étude de la combustion réelle.* — Au cours de la combustion, les constituants subissent des dissociations, donnant lieu à cinq équilibres chimiques simultanés : $CO^2(CO, O^2)$—$H^2O(H^2, OH, O^2)$—$H^2(H)$ et $O^2(O)$—.



Les constituants des gaz brûlés de la combustion réelle résultants sont indiqués à la colonne 2 du Tableau.

(3) φ_A, chaleur spécifique moléculaire vraie dans l'intervalle 2000-3000° K.

(4) Φ_A est la chaleur spécifique moléculaire vraie du mélange de gaz brûlés étudié.

Pour la quantité d'énergie thermique totale Q_F apportée au système par molécule de gaz brûlés, la température de combustion réelle correspondante est (voir figure) : $T_C = T_F - \Delta T$. ΔT étant la chute de température due à l'énergie absorbée par les dissociations. Le diagramme (Q, T) correspondant de la combustion réelle est une courbe $M_2 N_2$.

La température de combustion réelle T_C s'obtient à partir de T_F, connue, et de ΔT. Dans le triangle rectangle ABC : $\Delta T = \Delta Q : \Phi_A$. Φ_A est connu et ΔQ s'évalue en utilisant les valeurs des constituants du tableau (colonne 2), et les valeurs numériques de φ_A, ρ_A et des chaleurs de réaction moyennes pour les dissociations dans l'intervalle de température considéré. On trouve, tous calculs faits

$$\Delta T = 10^3 \times 34{,}775 \, \frac{1{,}835y + 1{,}685t + s + 2{,}285u + 1{,}673v}{\Phi_A}.$$

Cette équation est l'équation énergétique simple qui sera utilisée dans les calculs de températures, avec l'équation de T_F comme donnée secondaire. Ces deux équations sont valables pour toute combustion, parfaite ou imparfaite, en mélange homogène pauvre ou riche.

Les valeurs de y, t, s, u et v telles que les définit le tableau se déterminent au moyen des conditions d'équilibre des dissociations et en tenant compte des caractéristiques propres du moteur étudié, non utilisées dans les calculs énergétiques qui ont un caractère général.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Les tensions internes et la dynamique de l'électron rayonnant.* Note de MM. **Théophile De Donder** et **Jules Géhéniau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans la présente Note, nous montrons comment les tensions internes de l'électron doivent être définies pour en déduire, d'une manière simple et naturelle, les lois de la dynamique de l'électron rayonnant obtenues récemment par Dirac ([1]).

1. *Équations générales.* — Les équations du champ gravifique sont ([1])

$$(1) \qquad -\frac{1}{2}(a + bC)g_{\alpha\beta} + bG_{\alpha\beta} = N u_\alpha u_\beta + P_{\alpha\beta} + T^{(e)}_{\alpha\beta} \qquad (\alpha, \beta = 1, \ldots, 4),$$

où N est la densité massique, où $P_{\alpha\beta}$ sont les tensions massiques, où u_α sont

([1]) *Proc. of the R. Society*, A, 167, 1938, p. 148.

les composantes covariantes de la vitesse. Enfin $T^{(e)}_{\alpha\beta}$ est le tenseur maxwellien

$$(2)\qquad T^{(e)}_{\alpha\beta} \equiv \frac{1}{4} g_{\alpha\beta} H^{\mu\nu} H_{\mu\nu} - H^{\mu}_{\alpha} H_{\beta\mu},$$

où $H_{\alpha\beta}$ est le champ électromagnétique *total*. Décomposons ce champ en deux parties

$$(3)\qquad H_{\alpha\beta} = H^{\text{ap.}}_{\alpha\beta} + H^{\text{ret.}}_{\alpha\beta}.$$

$H^{\text{ret.}}_{\alpha\beta}$ est le champ *retardé* produit par la répartition électrique de densité σ; on a

$$(4)\qquad (\sqrt{-g}\, H^{\alpha\beta}_{\text{ret.}})_{.\beta} = \sigma u^{\alpha}, \qquad H^{\text{ret.}}_{\overline{\alpha\beta}.\beta} = 0.$$

$H^{\text{ap.}}_{\alpha\beta}$ est le champ *appliqué*; on a, en tout point de la répartition σ,

$$(5)\qquad (\sqrt{-g}\, H^{\alpha\beta}_{\text{ap.}})_{.\beta} = 0, \qquad H^{\text{ap.}}_{\overline{\alpha\beta}.\beta} = 0.$$

Rappelons que les équations (1) proviennent d'un principe variationnel [2] où les fonctions variées sont les dix potentiels einsteiniens $g_{\alpha\beta}$.

De ces dix équations (1) et des équations (4) et (5), on déduit [2] les quatre équations de condition

$$(6)\qquad N u_{\alpha.\beta} u^{\beta} + (N u^{\beta})_{.\beta} u_{\alpha} + P^{\beta}_{\alpha.\beta} + \sigma H_{\alpha\beta} u^{\beta} = 0.$$

Pour qu'on ait l'équation de continuité massique

$$(7)\qquad (N u^{\beta})_{.\beta} = 0,$$

il faut et il suffit qu'on ait

$$(8)\qquad u^{\alpha} P^{\beta}_{\alpha.\beta} = 0.$$

2. *Les tensions* $P_{\alpha\beta}$. — Introduisons le champ avancé $H^{\text{av.}}_{\alpha\beta}$ qui satisfait aux équations (4). Le champ total se décompose alors comme suit

$$(9)\qquad H_{\alpha\beta} = H^{\text{ap.}}_{\alpha\beta} + R_{\alpha\beta} + M_{\alpha\beta},$$

où

$$(10)\qquad R_{\alpha\beta} = \frac{(H^{\text{ret.}}_{\alpha\beta} - H^{\text{av.}}_{\alpha\beta})}{2}, \qquad M_{\alpha\beta} = \frac{(H^{\text{ret.}}_{\alpha\beta} + H^{\text{av.}}_{\alpha\beta})}{2}.$$

Les équations deviennent, en tenant compte de (7),

$$(11)\qquad \mathfrak{N} u_{\alpha.\beta} u^{\beta} + \sigma u^{\beta} (H^{\text{ap.}}_{\alpha\beta} + R_{\alpha\beta}) + (\sigma u^{\beta} M_{\alpha\beta} + \mathfrak{P}^{\beta}_{\alpha.\beta}) = 0.$$

[2] TH. DE DONDER, *Mém. des Sciences math.*, XIV, 1932, Chap. V, p. 49.

On satisfait identiquement à (8) en posant

$$\boxed{\sigma u^{\beta} M_{\alpha\beta} = -\mathfrak{T}^{\beta}_{\alpha.\beta}.} \tag{12}$$

Enfin on vérifiera aisément qu'on satisfait à (12) en posant

$$P_{\alpha\beta} = -T^{(m)}_{\alpha\beta}, \tag{13}$$

où $T^{(m)}_{\alpha\beta}$ est construit à l'aide de $M_{\alpha\beta}$ comme, en (2), $T^{(e)}_{\alpha\beta}$ est construit à l'aide de $H_{\alpha\beta}$.

3. *Équations du mouvement de l'électron rayonnant.* — Grâce à (12), les équations (11) deviennent

$$\mathfrak{M} u_{\alpha.\beta} u^{\beta} + \sigma u^{\beta} (H^{\text{ap.}}_{\alpha\beta} + R_{\alpha\beta}) = 0. \tag{14}$$

En vertu des équations de continuité massique et électrique, on aura, le long des trajectoires des points de la particule, les deux invariants intégraux

$$m_0 c^2 = \int_D \mathfrak{M} u^4 \,\delta x^1 \,\delta x^2 \,\delta x^3 \qquad \text{et} \qquad e = \int_D \sigma u^4 \,\delta x^1 \,\delta x^2 \,\delta x^3. \tag{15}$$

Nous étendons ici l'intégration à tout l'espace occupé par l'électron à l'instant $x^4 = t$. Donc m_0 représente la masse au repos de l'électron et e sa charge. Multiplions (14) par $u^4 \,\delta x^1 \,\delta x^2 \,\delta x^3$, intégrons au domaine D et appliquons le théorème de la moyenne. Il vient ainsi

$$m_0 c^2 [u_{\alpha.\beta} u^{\beta}]_{A_m} + e[u^{\beta}(H^{\text{ap.}}_{\alpha\beta} + R_{\alpha\beta})]_{A_e} = 0; \tag{16}$$

la valeur des quantités entre crochets est prise aux points A_m et A_e.

4. *Électron rayonnant ponctuel.* — Négligeons l'influence du champ gravifique, devant celle du champ électromagnétique. Dans (14) et (16) figurera donc maintenant le champ de Minkowski. A l'instant quelconque t, faisons tendre le domaine D vers zéro. Alors les points A_m et A_e tendent vers un même point A. Nous dirons que l'électron ponctuel se trouve en A à l'instant t considéré. Désignons par z_i les coordonnées spatiales de A. Dans l'espace-temps, on aura $z^{\alpha} = z^{\alpha}(s)$. Alors

$$[u^{\alpha}]_A = \dot{z}^{\alpha}, \qquad [u^{\alpha}_{\alpha\beta} u^{\beta}]_A = \ddot{z}^{\alpha}, \tag{17}$$

$$[R^{\alpha\beta}]_A = -\frac{e}{6\pi}(\dddot{z}^{\alpha}\dot{z}^{\beta} - \dddot{z}^{\beta}\dot{z}^{\alpha}), \tag{18}$$

où les points sur les z^{α} désignent des dérivations par rapport à s. En

tenant compte de (17) et (18), les équations (16) deviennent

$$(19)\qquad m_0 c^2 \ddot{z}^\alpha - \frac{e^2}{6\pi}\dddot{z}^\alpha - \frac{e^2}{6\pi}\ddot{z}^\beta \ddot{z}_\beta \dot{z}^\alpha = e\dot{z}_\beta \mathrm{H}^{\alpha\beta}_{\text{ap.}}.$$

Telles sont les équations, dues à Dirac, de l'électron rayonnant ponctuel.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption dans le très proche infrarouge* (6000-10000 Å) *des sels d'ammonium.* Note de MM. **Pierre Barchewitz** et **Georges Costeanu**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'étude de l'absorption dans l'infrarouge et des spectres de diffusion des composés d'ammonium, faite sur les cristaux, a conduit différents auteurs (1) à attribuer au groupement NH^4 des fréquences de vibration au voisinage de 3000 cm^{-1}.

Nous avons cherché si, en solution et à l'état fondu, ces composés donnaient les mêmes résultats, afin de comparer les spectres d'absorption du groupement NH^4 dans les cristaux, les solutions et à l'état liquide.

Nous avons fait cette étude au moyen d'un spectrographe enregistreur à cellule photoélectrique précédemment décrit.

A. *Solutions des sels d'ammonium dans l'eau.* — Le spectre d'absorption des solutions aqueuses de : $ClNH^4$ à 30 pour 100, INH^4 à 65 pour 100, $NO^3\,NH^4$ de 75 à 90 pour 100, $CNSNH^4$ de 70 à 90 pour 100 et de $SO^4\,(NH^4)^2$ à 45 pour 100, présente, en plus de la bande de l'eau située vers 7530 Å (par conséquent déplacée vers les grandes longueurs d'onde par rapport à la bande de l'eau pure), deux autres bandes, l'une vers 8480 Å et l'autre vers 8160 Å. Seule cette dernière bande doit être attribuée au groupement NH^4, elle doit correspondre à la raie 3200 cm^{-1} signalée dans les cristaux.

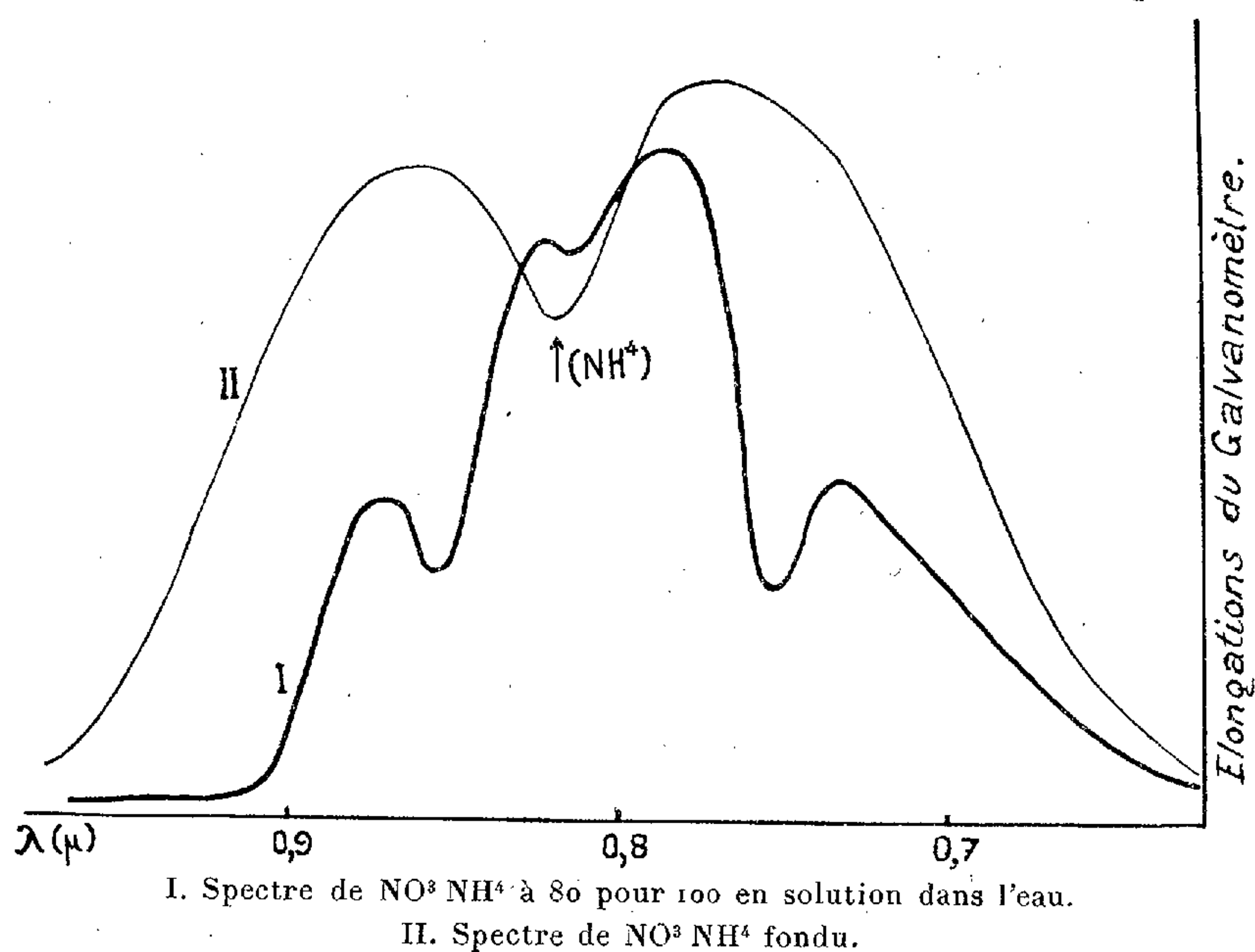
Cette bande est relativement faible, même aux fortes concentrations, son intensité diminue avec la teneur en sel de la solution (2); sa position dépend de la nature de l'anion. Dans notre région, il est difficile de donner sa position avec une grande précision, car, pour tous les sels étudiés, elle est relativement peu intense et large.

(1) C. Schaefer, F. Matossi et H. Aderhold, *Zeit. Physik*, 65, 1930, p. 289; Holmès, *Phys. Rev.*, 41, 1932, p. 389; I. R. Rao et C. S. Rao, *Zeit. f. Physik*, 88, 1934, p. 127; Ananthakrishnan, *R. Proc. Indian Acad.*, 5, 1937, p. 76 et 87.

(2) Mme M. Freymann et R. Freymann, *Journal Phys.*, 12, 1936, p. 506.

L'autre bande, plus intense, vers 8480 Å, est attribuée à l'eau, sa position est très voisine de celle donnée par l'eau pure, dont l'intensité croît constamment jusqu'au point critique (voir figure).

B. *Solutions des sels d'ammonium dans l'ammoniac et l'anhydride sulfureux liquides.* — Nous avons cherché si la bande à 8160 Å, attribuée au radical NH^4, apparaissait aussi dans la solution de Divers. On obtient facilement cette solution en faisant passer un courant d'ammoniac sec sur NO^3NH^4 pur, sec et refroidi à une température voisine de 0° C. La solution de Divers a une tension de vapeur relativement faible, à la température ordinaire; elle a pu être étudiée dans un tube d'absorption fermé.



I. Spectre de NO^3NH^4 à 80 pour 100 en solution dans l'eau.
II. Spectre de NO^3NH^4 fondu.

On obtient le spectre de l'ammoniac, très intense; mais aucune bande supplémentaire n'apparaît sur nos enregistrements. Il est probable que la bande due au groupement NH^4 est masquée par la bande extrêmement forte de l'ammoniac, qui se trouve dans cette région.

Il fallait donc choisir un dissolvant qui ne donne pas de bandes dans la région étudiée. Le sulfocyanure d'ammonium se dissout dans l'anhydride sulfureux liquide, on obtient une solution à 48 pour 100 environ à — 20°C. Cette solution est placée dans un vase de Violle-Dewar dont le fond est plan et argenté. La lumière venant de la source est renvoyée par

un miroir incliné vers le fond du vase; elle est ensuite reprise par un second miroir et dirigée sur la fente du spectrographe.

Le spectre présente une seule bande vers 8135 Å, plus intense que celle trouvée dans les solutions aqueuses. Elle a une intensité comparable à la bande que l'on observe dans le sel fondu.

La disparition de la bande due au groupement NH^4, quand la concentration en sel diminue ne semble pas générale, elle doit être attribuée à la présence de l'eau comme solvant. Il ne semble pas possible d'affirmer que la cause de cette disparition soit l'ionisation de ces sels.

C. *Sels fondus*. — Nous avons également étudié le nitrate et le sulfocyanure d'ammonium à l'état fondu. Le spectre de ces composés ressemble au spectre donné par la solution de sulfocyanure dans SO^2 liquide. On observe une bande à 8180 Å pour le nitrate et à 8250 Å pour le sulfocyanure (voir la figure).

Il ressort de cette étude que la bande due au groupement NH^4 dans la région (6000 — 10000 Å) correspond à la raie 3200 cm^{-1}; elle est par nature très faible, de plus elle disparaît rapidement quand la concentration du sel dans l'eau diminue; ceci ne semble pas se produire pour les solutions dans l'anhydride sulfureux liquide.

RADIATIONS. — *Les effets de comptage dans les tubes à électrodes planes et parallèles*. Note de M. **Bernard Kwal**, présentée par M. Maurice de Broglie.

L'existence des effets de comptage, consistant dans l'amorçage d'une éphémère décharge électrique par une radiation ionisante, dans les tubes présentant une disposition d'électrodes autre que celle employée habituellement, a été signalée à plusieurs reprises. Ainsi les tubes à néon, du type *lampes de nuit*, fabriqués par Philips, sont sensibles à l'action de diverses radiations, comme les rayons ultraviolets (1). Grâce à cette propriété, on a pu les utiliser pour la photométrie de ce rayonnement.

Des effets analogues ont été signalés récemment dans le cas des tubes à

(1) O. v. Baeyer et W. Kutzner, *Z. f. Physik*, **21**, 1924, p. 46; G. Valle et B. Rossi, *Nuovo Cimento*, **11**, 1934, p. 708; G. Lovera, *Nuovo Cimento*, **15**, 1938, p. 145.

électrodes planes et parallèles ([2]). A. Dauvillier, en particulier, a su tirer un grand profit du tube relais à trois électrodes de Richter et Geffcken et s'en est servi comme compteur universel des rayons cosmiques, des rayons X et γ et de la lumière.

Ayant étudié depuis un certain temps les compteurs à électrodes planes et parallèles, notre attention fut attirée par les effets de bords que présentent ces compteurs.

Nous avons construit, tout d'abord, des compteurs dont les électrodes ont été constituées par de fines grilles métalliques, planes et parallèles. Les effets de bords s'y manifestaient par l'apparition, au moment de l'impulsion, d'une effluve visible, localisée aux bords.

Deux compteurs furent construits dans la suite, les électrodes de l'un ayant les bords à arêtes vives, tandis que celles de l'autre, les bords recourbés. Les électrodes du premier compteur (à arêtes vives) étaient constituées par deux plaques rectangulaires de nickel de 18×40^{mm}, distantes de $6^{mm},5$. Les électrodes du second compteur (à bords recourbés) étaient constituées par deux plateaux circulaires de 30^{mm} de diamètre et distants également de $6^{mm},5$.

Les compteurs étaient remplis d'hydrogène, produit par un appareil Kipp.

Ils furent reliés à un amplificateur à plusieurs étages, suivi d'un oscillographe Dubois, de manière à avoir une sensibilité suffisante pour pouvoir tracer la courbe de comptage à partir de la tension de seuil V_s, à laquelle débutent les premières impulsions.

Voici les résultats obtenus avec le premier compteur :

Pression (en cm)....	5	10	15	20	30	50
V_s (en volts)........	550	600	735	760	800	1050
Palier...............	vers 700	675-710	850-900	900-970	1050-1300	1680-1950

Les résultats obtenus avec le second compteur ont été par contre décevants, tant du point de vue de la stabilité du phénomène de comptage, qu'en ce qui concerne l'existence même d'un palier. Les premières impulsions n'apparaissaient que pour des tensions de beaucoup supérieures à celles qui déterminent le palier du compteur à arêtes vives. Ainsi, par

([2]) J. H. Gisolf, *Physica*, 4, 1937, p. 69; A. Dauvillier, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 36; M. Damy de Souza Santos et G. Wataghin, *Nuovo Cimento*, 15, 1938, p. 104.

exemple, lorsque le compteur était rempli d'hydrogène à la pression de 5^{cm}, la tension nécessaire pour faire apparaître les premières impulsions était de l'ordre de 1300 volts.

A la lumière de ces quelques expériences, il nous semble prouvé que les tubes à électrodes planes et parallèles ne peuvent fonctionner en compteurs d'une manière convenable, que si les bords des électrodes présentent des arêtes vives, et que c'est au voisinage des bords que se trouve concentrée la zone sensible de tels compteurs.

PHYSICOCHIMIE. — *Relation entre la fluorescence et la constitution chimique du laccol, du moréacol et de leurs dérivés.* Note [1] de M. **Georges Brooks**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

De nombreux auteurs se sont occupés des rapports existant entre la fluorescence et la constitution chimique des corps organiques. Des recherches ont été effectuées dans ce sens par Meyer, Kauffmann, Ley et Engelhart, Francesconi et Bargellini [2], sur des corps en solution, puis par E. Bayle, R. Fabre et H. George et par A. Andant [3] sur des alcaloïdes cristallisés. Le nombre de ces corps examinés est trop restreint pour qu'on puisse, en général, admettre diverses théories anciennement proposées. On est surpris lorsqu'on passe d'une série de corps à une autre, de voir que les données sont assez contradictoires et qu'elles n'obéissent pas souvent à la loi de la fluorescence établie. C'est le cas des polyphénols et particulièrement des polyphénols à chaîne latérale éthylénique.

On sait que le laccol [4,5] et le moréacol [6] isolés du latex de divers arbres à laque d'Indochine sont des orthodiphénols à longue chaîne latérale

---

(1) Séance du 17 octobre 1938.

(2) Meyer, *Z. Physik. Chem.*, **24**, 1897, p. 468; Kauffmann, B, **50**, 1907, p. 515; Ley et Engelhart, B. **41**, 1908, p. 2988; Francesconi et Bargellini, *Att. r. Accad. Linc.*, 2e série, **15**, 1906, p. 184.

(3) E. Bayle, R. Fabre et H. George, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **37**, 1925, p. 89; A. Andant, *Thèse Doct. Pharm. Paris*, 1927; *Bull. Sc. Pharm.*, **37**, 1930, p. 18.

(4) Gabriel Bertrand, *Comptes rendus*, **118**, 1894, p. 1215; **120**, 1895, p. 266; **122**, 1896, p. 1132; *Ann. Chim. Phys.*, 7e série, **12**, 1897, p. 115.

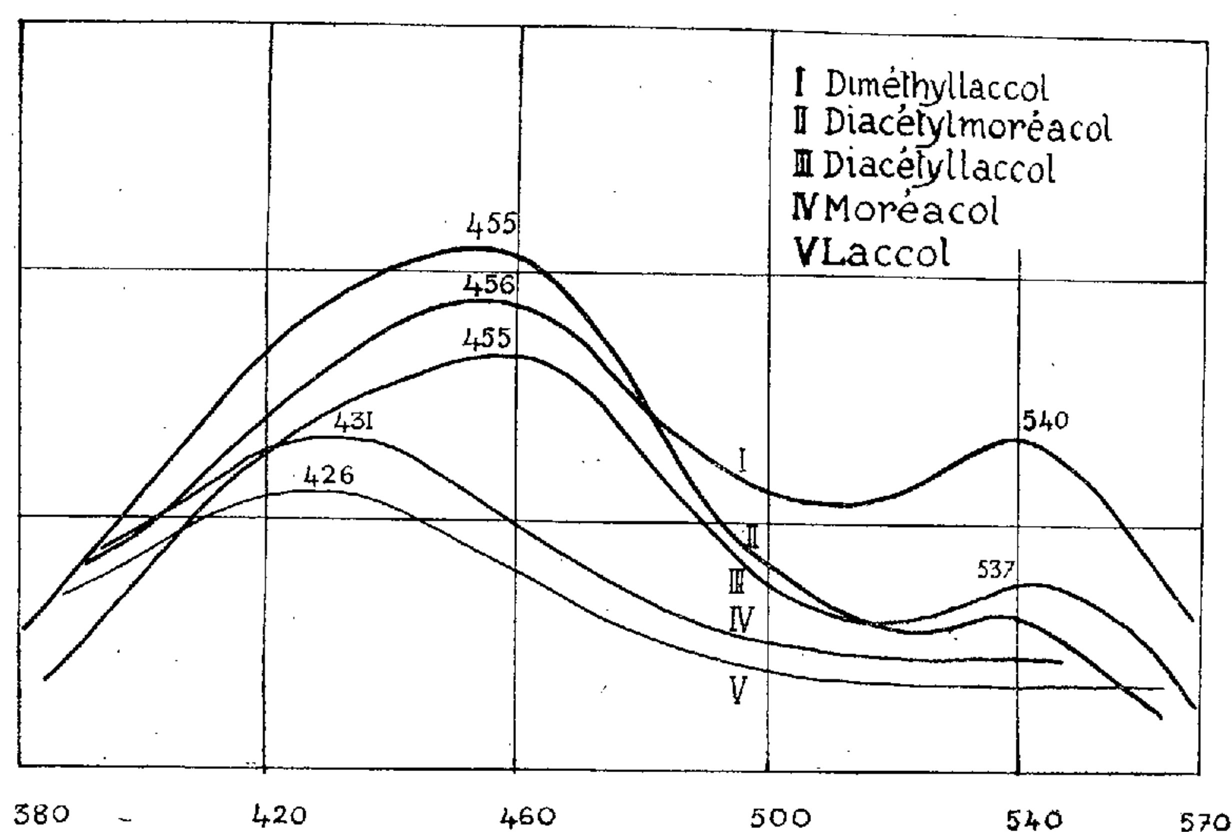
(5) Gabriel Bertrand et Georges Brooks, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 405; *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **53**, p. 432, 1933; *Ann. Inst. Pasteur*, **50**, 1933, p. 763.

(6) Gabriel Bertrand et Georges Brooks, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 661; *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **1**, 1934, p. 189; *Ann. Inst. Pasteur*, **52**, 1934, p. 68.

éthylénique en C^{16}. Ces corps examinés au microfluoroscope de Reichert présentent une fluorescence d'un bleu intense. Jusqu'à présent ils sont très peu connus en raison de leur isolement pénible (⁴). Par leur structure moléculaire on voit, *a priori*, qu'il existe une relation étroite entre leur constitution chimique et leurs spectres de fluorescence.

Les déterminations spectrographiques du laccol et du moréacol par la technique que j'ai déjà indiquée (⁷) révèlent des bandes continues situées dans la région visible du spectre, sans structure spéciale. L'éthérification de la fonction phénolique par un groupe $—CH^3$ ou $—OCOCH^3$ renforce le spectre de fluorescence initial qui présentent des structures très caractéristiques. Les spectres de fluorescence obtenus sur plaque sensible Agfa Isochrome sont régulièrement constants à la condition de ne pas laisser irradier les produits plus d'une demi-heure.

L'examen des données numériques et des courbes microphotométriques ci-dessous montre que, pour les dérivés de ces polyphénols, il y a appa-



Courbes microphotométriques des spectres de fluorescence.

rition, pour chaque bande continue de fluorescence, d'une petite bande très marquée se déplaçant vers les grandes longueurs d'onde, exception faite pour le diacétylmoréacol, dont la bande continue présente deux cannelures caractérisées par deux axes 394 mμ et 419 mμ.

(⁷) GEORGES BROOKS, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1465; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 20, 1, 1938, p. 498.

Tableau des données numériques.

Excitation Hg 365. Pose 15ᵐ.

Substance.	Formule.	Couleur naturelle.	Couleur fluorescence.	Axes bandes continues (λ mμ).	Axes petites bandes (λ mμ).
Laccol...........	$C^6H^3(OH)^2C^{16}H^{29}$	jaune paille	bleu violacé	419-426-433	o
Diacétyllaccol....	$C^6H^3(OCOCH^3)^2C^{16}H^{29}$	jaune citron	bleu vert intense	446-455-465	537-540,5
Diméthyllaccol...	$C^6H^3(OCH^3)^2C^{16}H^{29}$	»	bleu ciel intense	455	533-537
Moréacol........	$C^6H^2(OH)^2\langle{}^{CH^3}_{C^{16}H^{29}}$	»	»	424-431-438	o
Diacétylmoréacol.	$C^6H^2(OCOCH^3)^2\langle{}^{CH^3}_{C^{16}H^{29}}$	»	»	456 + 2 cannelures 394 et 419	540-543

Cette apparition paraît être provoquée par la substitution des groupes méthyle et acétyle à l'hydrogène phénolique du noyau. En réalité l'intensité n'est pas due à ces fluorophores, comme on l'avait signalé dans certains cas ([2,3]), mais bien à des doubles liaisons éthyléniques. En effet l'hydrogénation catalytique du laccol, du moréacol et de leurs dérivés ([5,6,7]), en présence du noir de platine, fait disparaître la presque totalité de la fluorescence, à l'état cristallisé aussi bien qu'en solution. L'influence des doubles liaisons est nettement démontrée malgré la présence des hydroxyles phénoliques en ortho.

Il ressort de ces faits que la fluorescence de ces polyphénols est intimement liée aux doubles liaisons de la chaîne latérale en C^{16} et qu'ils présentent un nouveau type de corps répondant à certaines hypothèses non encore élucidées au point de vue de la fluorescence.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres d'absorption dans le proche infrarouge et spectres Raman de sels d'ammonium.* Note de Mᵐᵉ **Marie Freymann**, M. **René Freymann** et M. **Yeou Ta**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons indiqué précédemment ([1]) que les fréquences de valence caractéristiques de NH^4 n'existent pas ou sont très faibles pour les solutions aqueuses assez peu concentrées de sels d'ammonium (ce phénomène de dissimulation est d'ailleurs général

([1]) P. Job, M. et R. Freymann, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1043; M. et R. Freymann et P. Rumpf, *Journ. Phys.*, 7, 1936, p. 30.

pour les composés où l'azote est tétracoordonné). Par contre, divers travaux sur ces sels à l'état cristallisé ou en solution aqueuse très concentrée ([2]), ont mis en évidence des fréquences comprises entre 2800 et 3200 cm^{-1} environ. Nous allons montrer que ce désaccord n'est qu'apparent; nous examinerons pour cela les spectres Raman et les spectres d'absorption dans le proche infrarouge — $0^{\mu},8$ à $2^{\mu},0$ ([3]) —, de quelques sels d'ammonium (plus particulièrement le nitrate), sous divers états.

1° *Spectres Raman.* — Nos résultats sur le chlorure d'ammonium sont en accord avec ceux d'Ananthakrishnan ([2]). Par contre, pour le nitrate d'ammonium cristallisé (*fig.* 1, trait fin), nous avons décelé les raies 712 (faible), 1041 (Intense), 1285 (f), 1411 (diff), 1455 (diff), 2866 (?), 3135-3220 (large); dans le nitrate fondu à 160° C. (*fig.* 1, trait gras) : 712 (I), 1042 (I), 1381 (large), 2850 (?), 3165 (large); dans une solution aqueuse contenant 600^{g} de nitrate pour 100^{cm^3} d'eau à 110° C. (*fig.* 1, trait pointillé) : 718 (I), 1049 (I), 1383 (?), 3152 (large). L'échantillon cristallisé étudié montre donc deux composantes, 3135 et 3220 cm^{-1} et une très faible bande à 2866 cm^{-1}. [Nous désignerons l'ensemble de ces bandes par $\nu(NH)_s$ pour les distinguer de $\nu(NH)$ observé vers 3300 cm^{-1} pour NH^3]. Si le sel est fondu (ou en solution extrêmement concentrée) ces deux composantes se confondent en une *large bande qui disparaît rapidement par dilution.* L'une des raies, 1411 ou 1455 cm^{-1}, doit être attribuée, selon Ananthakrishnan, à $\delta(NH)_s$. La figure 1 montre que, dans le nitrate fondu, ces raies sont remplacées par la large bande 1380 cm^{-1}; *dans la solution aqueuse, cette bande est considérablement affaiblie.*

2° *Spectres d'absorption dans le proche infrarouge.* — Ces résultats nous ont conduits à rechercher pour de très fortes concentrations, la bande infrarouge harmonique $3\nu(NH)_s$, que nous n'avions pu déceler dans les solutions diluées ([1]). Comme le montre la figure 2, une bande intense apparaît à $1^{\mu},0595$ pour NH^4NO^3 fondu; elle correspond au deuxième harmonique $3\nu(NH)_s$ de la bande 3165 cm^{-1} observée dans l'effet Raman ([4]).

([2]) R. Ananthakrishnan, *Proc. Ind. Ac. Sc.*, 5, 1936, p. 76; 5, 1937, p. 447; J. Holmes, *J. Chem. Phys.*, 4, 1936, p. 88; A. Kastler, *Bull. Soc. Chim.*, 51, 1932, p. 728; J. Menziès et H. Mills, *Proc. Roy. Soc.*, 148, 1935, p. 407; I. R. Rao et C. S. Rao, *Z. Physik*, 88, 1934, p. 127; O. Reinkober, *Z. Physik*, 5, 1921, p. 192.

([3]) R. Freymann, *Ann. Phys.*, 20, 1933, p. 243; Yeou Ta, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1371.

([4]) Nous avons observé également $2\nu(NH)_s$ vers $1^{\mu},56$ et une large bande à $1^{\mu},27$ qui, sous toutes réserves, correspondrait à $2\nu(NH)_s + \delta(NH)_s$.

Dans une solution aqueuse très concentrée (100^g de sel pour 110^{cm^3} de solution) *une bande apparaît encore nettement à* $1^\mu,0563$, sous 5^{cm} d'épaisseur (*fig.* 2). *Cependant, cette bande disparaît complètement pour une solution*

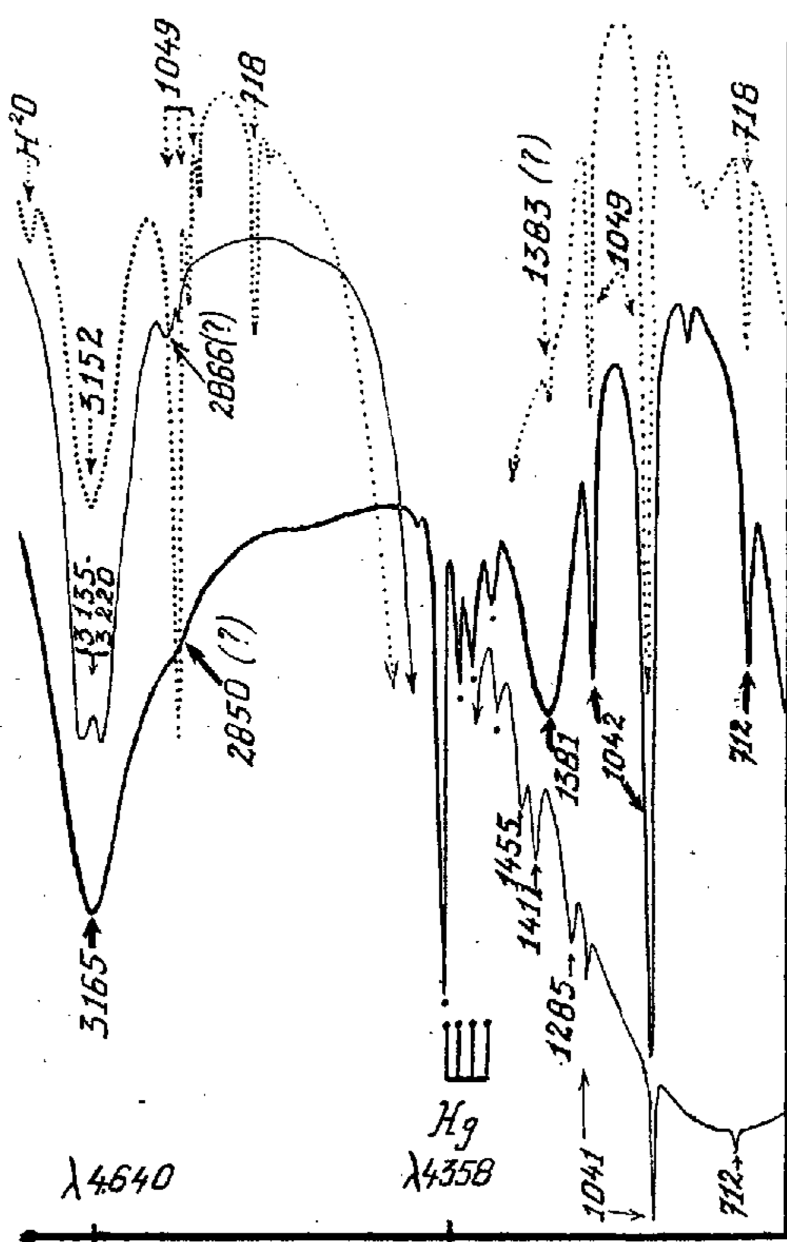


Fig. 1. — Spectres Raman de NH^4NO^3 fondu; ——— cristallisé; ------ solution 600 %.

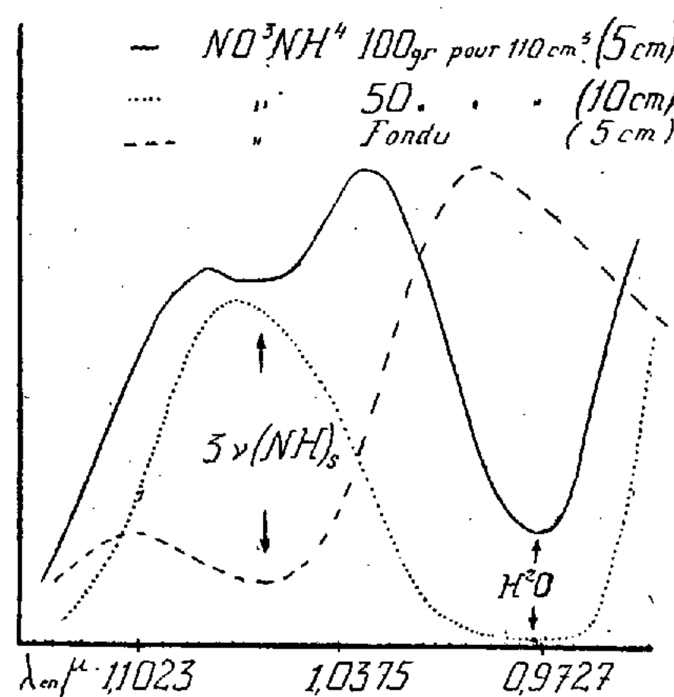


Fig. 2. — Spectres infrarouges.

diluée de moitié, mais examinée sous une épaisseur double; pourtant la quantité de sel placée sur le trajet de la lumière est la même dans les deux cas.

Cette observation apporte une preuve supplémentaire de l'existence du phénomène de dissimulation; elle explique en outre le désaccord entre nos résultats (solutions diluées) et ceux d'autres auteurs (solutions concentrées).

Les résultats précédents, relatifs aux solutions aqueuses, doivent vraisemblablement être liés à des déplacements de l'équilibre



$$NH^4NO^3 \rightleftharpoons (NH^4)^+ + (NO^3)^-.$$

En résumé, d'après nos expériences, et en accord avec celles que

Barchewitz et Costeanu publient aujourd'hui même : 1° *Pour les sels d'ammonium à l'état cristallisé, fondu ou en solution concentrée, on observe, avec leurs harmoniques, les fréquences* $\nu(NH)_s$ (déplacées vers les basses fréquences par rapport à $\nu(NH)$ de l'ammoniaque). 2° *Pour les solutions aqueuses diluées de ces sels, les fréquences caractéristiques de* NH^4 *disparaissent.* Les fréquences voisines de 1400 cm^{-1} se comportent comme les fréquences de valence.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Appareil pour le microdosage du carbone dans les produits sidérurgiques.* Note de M. **Arnold Lassieur**, présentée par M. Marcel Delépine.

La microanalyse des métaux et alliages doit porter sur un prélèvement aussi faible que possible et considéré généralement comme au plus égal à 10^{mg}. La présente méthode permet un dosage correct du carbone dans les fontes et les aciers contenant au moins 0,50 pour 100 de carbone, à partir d'une prise d'essai de 10^{mg} en utilisant une balance d'une sensibilité et d'une fidélité du 1/10 de milligramme et de 1^{mg} si l'on dispose d'une microbalance 100 fois plus sensible permettant d'apprécier avec certitude le 1/100 de milligramme.

Avec les produits peu carburés, au-dessous de 0,50 pour 100 de carbone, il est avantageux, pour conserver une approximation satisfaisante des résultats, de faire un prélèvement plus important en rapport avec la teneur en carbone. D'une manière générale, on fera porter l'essai sur une prise de 2 à 10^{mg} selon la richesse de l'échantillon, en employant une microbalance.

La très faible quantité de carbone mise en œuvre : $0^{mg},05$ pour une prise d'essai de 10^{mg} d'un acier à 0,50 pour 100 de carbone, par exemple, interdit de peser le gaz carbonique produit par sa combustion. Une mesure volumétrique de ce gaz, extrêmement dilué, n'est pas davantage à recommander.

Après examen des différentes solutions possibles du problème, je me suis arrêté à une méthode de combustion de l'échantillon chauffé à 1200° dans un courant d'oxygène. Celui-ci est fourni par un générateur à oxylithe, le débit étant contrôlé par un compte-bulles empli d'eau de baryte saturée. Le gaz carbonique formé est absorbé par une liqueur titrée de baryte dont l'excès est déterminé alcalimétriquement.

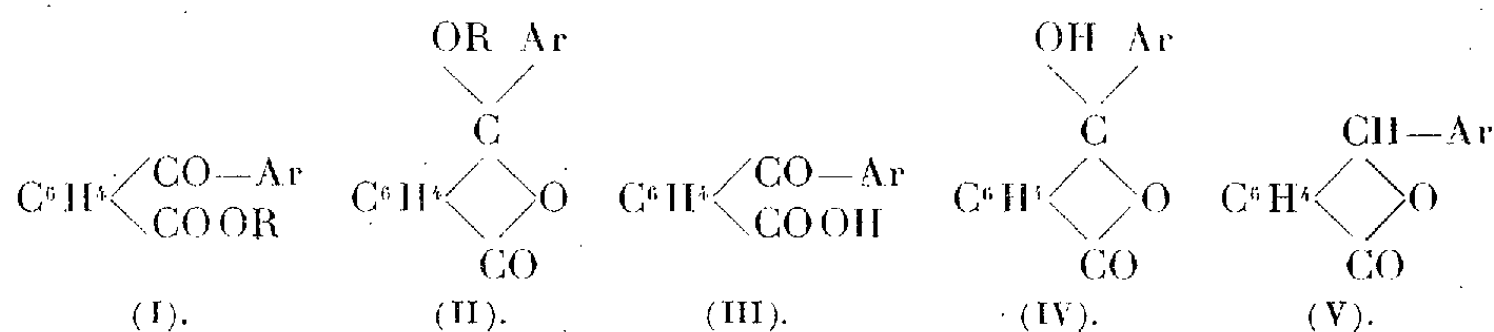
Il est indispensable que l'appareil, tube à combustion et annexes, soit parfaitement purgé d'air et que l'échantillon soit introduit dans le tube chauffé sans intervention de l'air ambiant. J'ai réduit autant que possible le volume de l'appareil, qui atteint cependant 20^{cm^3} environ. En admettant une atmosphère moyennement chargée en gaz carbonique : 0,05 pour 100, 20^{cm^3} d'air contiennent $0^{mg},005$ de carbone. Si donc le tube à combustion vient à être rempli d'air au moment de l'introduction de l'échantillon, il en résultera une erreur par excès de 10 pour 100 pour l'exemple cité plus haut et davantage si la prise est plus faible ou la teneur en carbone plus réduite. Pour cette raison, j'ai eu recours à un dispositif permettant d'effectuer l'introduction de l'échantillon dans le tube chauffé ainsi que sa combustion rigoureusement à l'abri de l'air ambiant; ce qui se réalise de soi-même si le tube a été rempli préalablement d'oxygène pur.

L'absorption du gaz carbonique pourrait être faite dans un flacon laveur contenant la liqueur barytique. L'opération est défectueuse. Il est difficile de retenir complètement par barbotage dans une solution barytique fort étendue du gaz carbonique lui-même très dilué. Par ailleurs, l'absorption terminée il faut transférer le liquide dans le vase de titrage et rincer le flacon. Ces manœuvres sont une cause d'erreur par fixation de gaz carbonique de l'air ou de l'eau de lavage. En outre, on dilue ainsi une liqueur qui ne l'est que déjà trop. Je préfère disposer le réactif exactement mesuré dans un flacon ordinaire d'environ 80^{cm^3} de capacité fermé par un bouchon portant un tube à robinet. Le vide est fait dans ce flacon qui sert d'aspirateur pour recevoir les gaz sortant du tube à combustion. L'opération achevée il suffit d'agiter le flacon pendant une minute pour fixer rigoureusement le gaz carbonique ainsi collecté. Le titrage de l'alcali résiduel est fait dans le flacon lui-même à l'aide d'une liqueur titrée de phtalate acide de potasse ($0^{g},75$ par litre) en présence de phtaléine. On évite de la sorte la dilution du liquide et sa pollution par l'air ambiant.

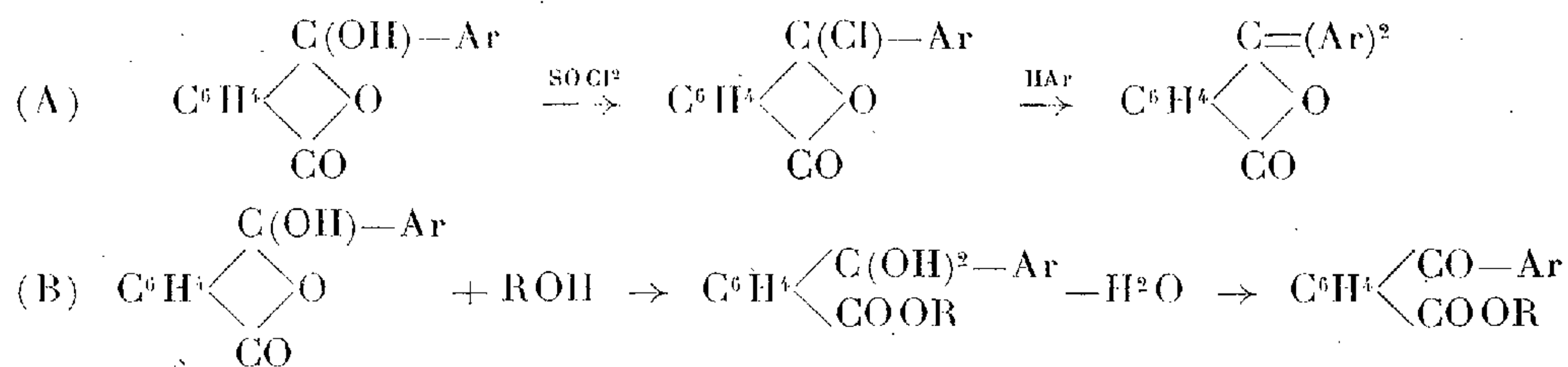
La description de l'appareil et la technique du dosage, qui doit être fixée très rigoureusement pour la réussite de l'opération, ainsi que les résultats obtenus figureront dans un autre Recueil.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure et absorption de l'acide benzoylbenzoïque et ses dérivés.* Note ([1]) de M. **Che-Kin Lin**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le fait que, d'une part, les acides de la série benzoylbenzoïque peuvent donner deux sortes d'éthers cétoniques (I) et lactoniques (II) et que, d'autre part, les chlorures de ces acides traités par des carbures aromatiques en présence de chlorure d'aluminium donnent des diarylphtalides, a conduit MM. J. Brédit, A. Haller et Guyot, H. Meyer et Orndorff ([2]), à admettre que ces acides ont, non pas la structure cétonique (III), mais la forme oxylactonique (IV).



C'est ainsi que MM. A. Haller et Guyot représentent la formation du diphénylphtalide par la réaction de Friedel et Crafts selon (A) et que M. Meyer interprète l'éthérification des acides selon (B) :



L'observation faite par Mme Ramart-Lucas ([3]), que l'introduction d'un —OH sur un carbone méthanique ne modifie pas de façon sensible

([1]) Séance du 17 octobre 1938.

([2]) *Liebig's Ann.*, **236**, 1886, p. 225; *Comptes rendus*, **119**, 1894, p. 139; **129**, 1899, p. 1213; *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, **25**, 1901, p. 50-56; *Monatshefte für Chemie*, **22**, 1901, p. 786; **25**, 1904, p. 475 et 1181; **28**, 1907, p. 1235; **30**, 1909, p. 481; *J. Am. Chem. Soc.*, **38**, 1916, p. 1142; **39**, 1917, p. 679; **44**, 1922, p. 1519.

([3]) Expériences inédites.

l'absorption (dans l'ultraviolet moyen) des corps organiques, m'a permis d'établir que, en solution, les acides benzoylbenzoïques ont la structure cétonique (III).

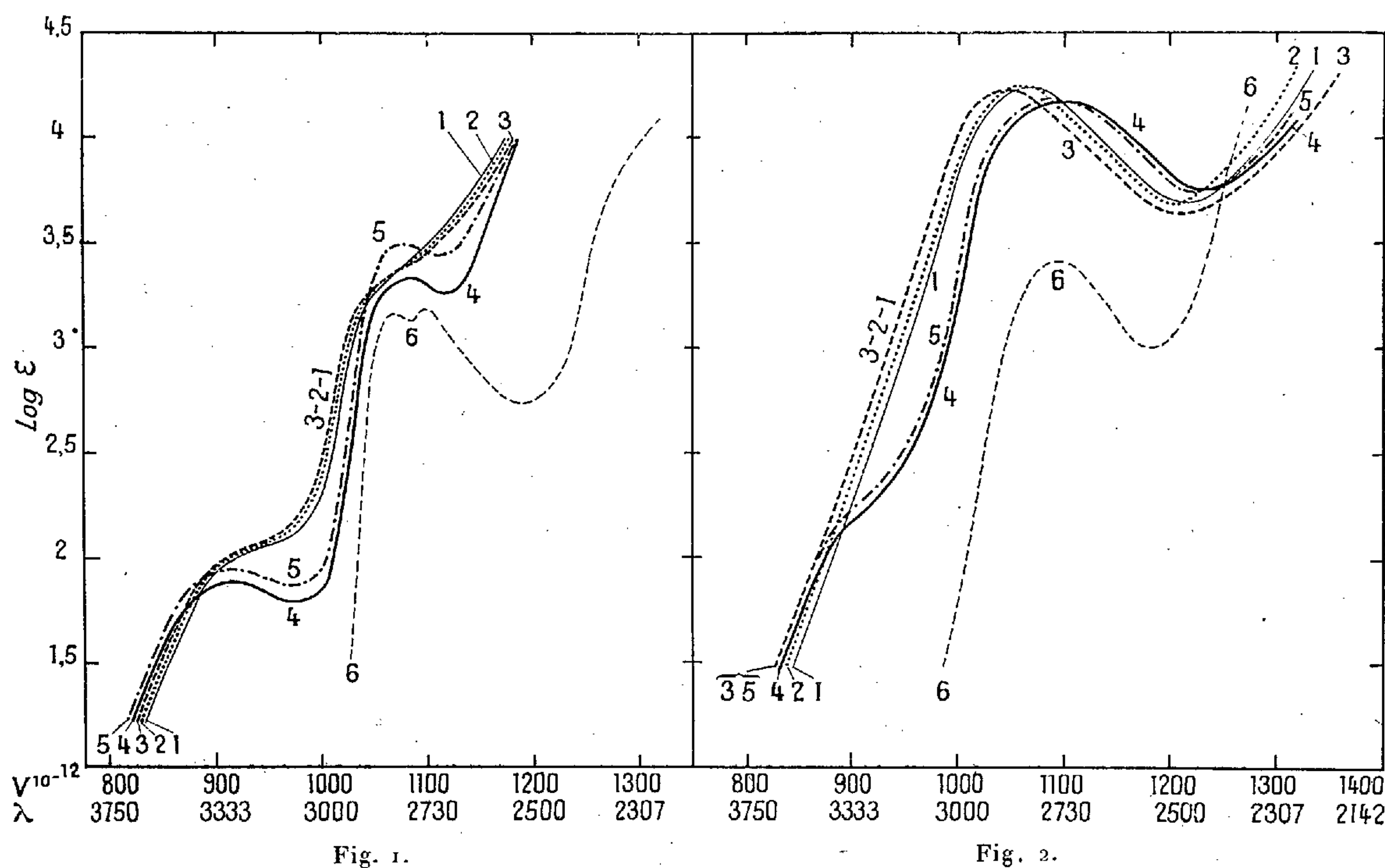


Fig. 1. Fig. 2.

Si, en effet, ces substances avaient la structure oxylactonique (IV), leurs spectres seraient voisins de ceux des phtalides correspondants (V). Or il n'en est rien, comme on peut le voir en comparant les courbes d'absorption du phénylphtalide (*fig.* 1, courbe 6) et de l'acide *o*-benzoylbenzoïque (*fig.* 1, courbe 1); celles du *p*-méthoxyphénylphtalide (*fig.* 2, courbe 6) et de l'acide *p*-méthoxy-*o*-benzoylbenzoïque (*fig.* 2, courbe 1).

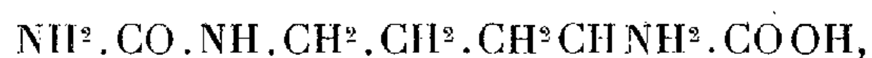
Par contre, l'identité des spectres de chacun des acides benzoylbenzoïques étudiés avec ceux du sel de sodium et de l'éther-sel méthylique correspondants montre que, en solution, c'est la forme cétonique (III) qui est surtout présente : comparer, par exemple, les courbes d'absorption des solutions alcooliques (*fig.* 1) de l'acide *o*-benzoylbenzoïque (courbe 1), de son éther-sel (courbe 2), de son sel de sodium (courbe 3) et (*fig.* 2) de l'acide *p*-méthoxy-*o*-benzoylbenzoïque (courbe 1) de son éther-sel (courbe 2) de son sel de sodium (courbe 3).

Il en est de même pour les solutions éthérées de ces substances, comme l'indiquent les courbes d'absorption de l'acide *o*-benzoylbenzoïque (*fig.* 1, courbe 4), de son éther-sel (*fig.* 1, courbe 5), de l'acide *p*-méthoxy-*o*-benzoylbenzoïque (*fig.* 2, courbe 4) et de son éther-sel (*fig.* 2, courbe 5).

En résumé, les acides benzoylbenzoïques étudiés se trouvent en solution surtout sous la forme cétonique (III). Leur comportement chimique peut s'expliquer en admettant que, à côté de celle-ci, il existe une faible quantité de la forme oxylactonique (IV), ces deux formes se trouvant à l'état d'équilibre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le pouvoir rotatoire de la citrulline. Synthèse du produit optiquement actif.* Note de M. **Robert Duschinsky**, présentée par M. Maurice Javillier.

La constitution de la citrulline découverte par Koga et Odake (¹) dans le jus de pastèque (*Citrullus vulgaris* Schrad) a été établie par Wada (²) comme étant celle d'un acide α-amino-δ-uréido-valérianique



$$NH^2.CO.NH.CH^2.CH^2.CH^2CHNH^2.COOH,$$

ce qui a été confirmé par synthèse. Tandis que la citrulline existe dans la pastèque à l'état libre, elle est, selon le même auteur (³), un constituant de la caséine qui est libéré au cours de la digestion trypsique. En outre Klein et ses collaborateurs (⁴) ont également trouvé la citrulline, soit à l'état libre, soit à l'état lié, dans un certain nombre d'autres Cucurbitacées. Cet acide aminé joue d'après Krebs et Henseleit (⁵), un rôle essentiel dans la synthèse de l'urée; il se forme aussi dans la dégradation bactérienne de l'arginine (⁶).

Bien que la citrulline possède un atome de carbone asymétrique, aucun de ces auteurs n'a signalé une activité optique : au contraire Wada (³) et Horn (⁶) constatent expressément son inactivité en solution aqueuse.

(¹) *Journ. Tokyo Chem. Soc.*, 35, 1914, p. 519.

(²) *Biochem. Zeitschr.*, 224, 1930, p. 420.

(³) Wada, *Biochem. Zeitschr.*, 257, 1933, p. 1.

(⁴) Voir l'article de Winterstein dans Klein, *Handbuch der Pflanzenanalyse*, Vienne, 4, 1933, p. 61.

(⁵) *Zeitschr. physiol. Chem.*, 210, 1932, p. 33.

(⁶) Ackermann, *Zeitschr. physiol. Chem.*, 203, 1931, p. 66; Horn, *Zeitschr. physiol. Chem.*, 216, 1933, p. 244.

Quant aux méthodes de préparation synthétique de la citrulline, celle de Wada ([3]), à partir de l'arginine, comporte une action de la baryte à haute température provoquant une racémisation, et celle de Kurtz ([7]) part de l'ornithine racémique. La dégradation alcaline de l'arginine, récemment décrite par Fox ([8]), fournit également, selon la constatation de l'auteur lui-même, une citrulline optiquement inactive en solutions aqueuse et chlorhydrique.

Le fait qu'un produit naturel serait racémique nous a paru surprenant, aussi nous nous sommes proposé d'examiner de nouveau ce point et, en effet, nous avons trouvé que *la citrulline, isolée de la pastèque, est dextrogyre.*

D'autre part, la synthèse de cette citrulline optiquement active n'ayant pas été faite jusqu'à présent, nous l'avons tentée et *nous avons effectivement obtenu la citrulline dextrogyre.*

Pour l'isolement à partir de la pastèque selon la méthode de Wada, nous sommes parti de 45^{kg} de fruits d'origine hongroise, dont le jus pressé a été concentré dans le vide et déféqué par 400^g d'acétate de plomb. Du filtrat, une fraction contenant l'arginine et la citrulline a été précipitée avec 500^g d'acétate mercurique. A partir de cette fraction nous avons isolé la citrulline à l'état de sel de cuivre, soit directement, soit après précipitation préalable comme phosphotungstate. Pendant toutes ces manipulations, nous avons évité un chauffage ou un séjour prolongé en milieu alcalin susceptible de dégrader l'arginine présente en citrulline ou pouvant entraîner une racémisation de celle-ci. Rendement : 3^g,6, soit à peu près le double de ce qu'indique Wada.

Pour la synthèse, nous nous sommes servi de l'excellente méthode de Kurtz, en substituant seulement à la *dl*-ornithine la $l(+)$-ornithine ([9]). Celle-ci, soumise à l'action de l'oxyde de cuivre et de l'urée, a fourni la citrulline, avec un rendement de 65 pour 100 de la théorie.

Le tableau suivant montre l'identité des produits naturel et synthétique :

Produit	Point de fusion.	$[\alpha]_D^{20}$ en milieu ([10]) alcalin.	neutre.	acide.	Azote pour 100 trouvé.	calculé.
naturel.........	219-220°	+8°,7	+3°,7	+22°,3	23,70	24,00
synthétique.....	220-221°	+8°,8	+3°,4	+24°,2	23,86	24,00

([7]) *Journ. Biol. Chem.*, **122**, 1938, p. 477.

([8]) *Journ. Biol. Chem.*, **123**, 1938, p. 687.

([9]) Cette substance a été préparée suivant les indications personnelles du professeur Édlbacher, de Bâle, par l'action de l'arginase sur la $l(+)$-arginine avec un rendement de 80 pour 100 de la théorie.

([10]) En solution aqueuse à 5 pour 100 soit telle quelle, soit en présence de 10^{mol} de NaOH ou HCl pour une de citrulline.

La variation du pouvoir rotatoire en fonction du pH correspond bien à l'allure générale ([11]) des acides aminés naturels qui possèdent tous la configuration gauche. L'obtention à partir de la $l(+)$-ornithine fournit la preuve exacte de cette configuration pour notre produit qu'on peut donc dénommer $l(+)$-citrulline.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Le spectromètre à cristal double avec enregistrement photographique et la mesure de l'imperfection des cristaux.* Note ([1]) de MM. **J. Fejfer** et **M. Jahoda**, transmise par M. Maurice de Broglie.

Nous avons essayé d'élaborer une méthode employant un spectromètre à cristal double et un enregistrement photographique qui diffère, en principe, de l'enregistrement par ionisation avec le même instrument.

Les imperfections des cristaux sont mesurées ordinairement, avec les spectromètres à cristal double et enregistrement par ionisation, dans la position parallèle, de manière que le courant d'ionisation soit mesuré à mesure qu'un cristal tourne. Au contraire l'enregistrement photographique, comme nous le montrerons plus loin, a pour condition que les deux cristaux restent immobiles.

Cette méthode photographique est basée sur les résultats de Bačkovský ([2]), qui a démontré que l'influence de la structure mosaïque des cristaux dans les méthodes de spectroscopie des rayons X est éliminée quand la disposition du spectrographe est symétrique (c'est-à-dire quand les distances cristal-fente et cristal-plaque photographique sont égales).

Pendant l'enregistrement photographique sur le spectromètre à cristal double et à cristaux immobiles dans la position parallèle, tout le domaine des longueurs d'onde réfléchi sur le premier cristal se réfléchira sur le second. Au contraire, dans la position antiparallèle, si les rayonnements λ_1 et λ_2 sont réfléchis sur le premier cristal sous des angles correspondants φ_1 et φ_2, la réflexion sur le second cristal aura lieu seulement sous l'un des deux angles. Dans cette position le second cristal joue le rôle de monochromateur.

A cause de cela, nous avons employé la position antiparallèle pour la

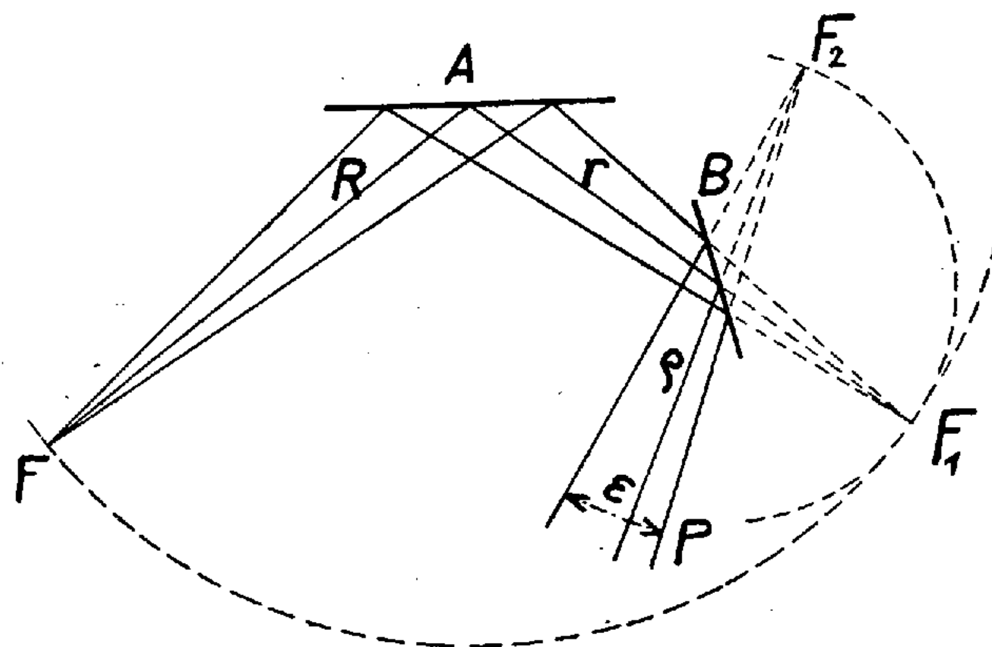
([11]) Lutz et Jirgensons, *Ber. d. chem. Ges.*, 62, 1929, p. 1916; 63, 1930, p. 448.

([1]) Séance du 29 août 1938.

([2]) J. M. Bačkovský, *Nature*, 141, 1938, p. 872.

mesure photographique de l'imperfection du cristal en gardant les distances importantes $\overline{FA}$, $\overline{AB}$ (voir la figure). La distance $\overline{FA}$ étant plus grande que la distance $\overline{AB}$, l'imperfection du cristal est $\Delta\varphi = \Delta\sigma = \varepsilon\sqrt{2}/\overline{PF_2}$, où ε est la largeur de la raie réfléchie et $\overline{PF_2} = BP + (FA - AB)$.

L'ajustement nécessaire pour que le rayonnement satisfasse sur les deux



cristaux à la condition de Bragg se faisait à vue, sur un écran, car nous avons mesuré des cristaux à grande structure mosaïque, caractérisés par un grand pouvoir réfléchissant ([3]). Les cristaux à pouvoir réfléchissant plus petit doivent être ajustés à l'aide de la chambre d'ionisation.

Les résultats sont donnés ci-dessous

Cristal.	R.	r.	ρ.	ε.	Δσ sec. min.	Δσ sec. max.
	mm	mm	mm	mm mm		
NaCl	350	130	660	0,20–0,45	66″	148″
»	350	130	500	0,15–0,35	63	141
»	350	130	300	0,10–0,22	57	122
»	350	130	210	0,09–0,20	61	134
»	350	130	90	0,07–0,14	65	132
ZnS	240	130	1360	0,55–0,80	108	160
»	240	130	1100	0,45–0,60	108	144
»	240	130	790	0,35	113	
»	240	130	410	0,20	107	
SnO^2	195	115	1230	0,33–0,50	73	111
»	195	115	920	0,24–0,40	70	117
»	195	115	540	0,15–0,20	71	95
»	195	115	230	0,08–0,12	75	112

([3]) V. Dolejšek, M. Jahoda, J. Ježek et Rozsival, *Nature*, **142**, 1938, p. 253.

On a porté les largeurs ε des lignes spectrales et, dans la colonne $\Delta\sigma$, la caractéristique de la structure mosaïque. Le tableau montre que, si la distance ρ est changée, la largeur ε de la ligne se modifie d'une manière correspondante, tandis que les valeurs de $\Delta\sigma_{min}$ restent les mêmes.

Les mesures effectuées en différents points des lignes, correspondant aux différentes régions des cristaux, fournissent des valeurs différentes.

Une étude plus détaillée montre que les grandeurs minima correspondent à une structure mosaïque régulière, caractéristique pour chaque cristal. Les grandeurs maxima révèlent une structure mosaïque plus grossière et accidentelle, qui change beaucoup de place en place chez quelques exemplaires de cristaux. Ces résultats prouvent que, pour tous les cristaux étudiés, NaCl, ZnS, SnO^2, les valeurs minima de l'imperfection sont les mêmes pour chaque cristal, tandis que les grandeurs maxima diffèrent.

Ces différences entre les valeurs maxima et les valeurs minima ne peuvent se manifester avec la méthode d'ionisation, car le courant recueilli fournit seulement une valeur moyenne. Nous avons constaté de plus que la structure mosaïque du sel gemme s'agrandit, si l'on dépose par évaporation dans le vide de l'aluminium métallique sur la surface réfléchissante du cristal; pour le sulfure de zinc (sphalérite) au contraire, la structure mosaïque ne change pas. Nous avons également appliqué une tension constante (de l'ordre de 11000 volts par centimètre) sur le cristal. Pour le sel gemme aucune influence ne s'est manifestée; pour le cristal piézoélectrique de sphalérite (ZnS), la structure mozaïque diminue alors de 110″ à 83″ et, si l'action du champ est prolongée, ce changement tend à devenir durable.

GÉOLOGIE. — *Remarques sur l'Albien du Pays de Bray.* Note (1) de MM. **Jean-Paul** et **Pierre Destombes**, transmise par M. Charles Barrois.

L'âge, l'épaisseur et les variations de faciès du Gault du Pays de Bray n'ont pas été jusqu'ici définis avec précision. Nous avons pensé que la question méritait d'être reprise du point de vue paléontologique et avons été assez heureux, l'été dernier, pour découvrir une faune à la base des argiles immédiatement au-dessus des sables verts.

---

(1) Séance du 17 octobre 1938.

Dans un groupe de carrières exploitées pour tuileries, entre Villers-Saint-Barthélémy et la route nationale n° 31, l'une d'elles, située au centre, montre la coupe suivante :

	m
4° Argiles bleu-noir, quelques nodules phosphatés disséminés	2
3° Gros nodules phosphatés fossilifères dans un ciment de sables roux ferrugineux et glauconieux à nombreux petits galets de quartz	0,20
2° Sables roux	1,50
1° Sables verts	0,50

Le niveau phosphaté, bien visible sur le sol même de la carrière, nous a fourni la faune suivante :

Douvilleiceras inæquinodum (Quenstedt) Par. et Bon., *D. mammillatum* Schloth., *Beudanticeras lævigatum* Sow., *Beudanticeras* cf. *Dupinianum* d'Orb. ([2]), *Cleoniceras* cf. *Cleon.* d'Orb., *Protohoplites Raulinianus* d'Orb., *P. auritiformis* Spath., *Pseudosonneratia* sp., *Hoplites dentatus* Sow., *Hoplites* aff. *Paronai* Spath. Nombreux moules internes de brachiopodes, lamellibranches et gastropodes; bois fossile.

Il s'agit là d'une faune très riche, non signalée à notre connaissance dans le Bray. Elle est la même que celle de Macheromesnil en Ardennes et rappelle beaucoup celle de notre niveau Ph. 2 de Wissant ([3]). Mais, tandis qu'à Wissant *Douvilleiceras mammillatum* y est l'espèce la plus fréquente, ici c'est *D. inæquinodum* qui abonde.

La masse des argiles montre des empreintes nacrées écrasées ou des fossiles phosphatés : *Hoplites dentatus* Sow., *Hoplites Paronai* Spath, à la base et *Inoceramus concentricus* dans presque toute la masse; mais à aucun niveau nous n'avons observé de *Mortoniceras*, *Hysteroceras*, ni d'*Inoceramus sulcatus* permettant de parler d'Albien supérieur.

Conclusions. — M. F. Spath a subdivisé la partie inférieure de son Albien moyen (Hoplitan) en 4 sous-zones, qui sont de haut en bas : 4° *Dentatus*, 3° *Benettianus*, 2° *Inæquinodus*, 1° *Mammillatus*. La faune de la base des argiles que nous venons de décrire (niveau phosphaté) permet de dater la transgression de ces argiles sur les sables verts et de la rapporter à la base de l'Albien moyen :

1° Il existe entre ces deux divisions lithologiques une lacune marquée

---

([2]) Il y a 11 ou 12 constrictions par tour, au lieu de 7 ou 8 décrites par M. Spath. Mais tous les autres caractères, dimensions, ligne de suture, sont identiques à la diagnose de cet auteur.

([3]) J. P. et P. Destombes, *Ann. Soc. Géol. Nord*, 62, 1937, p. 98-113.

par un lit phosphaté, comme cela s'observe en Boulonnais et en Ardennes. Les sables verts du Bray n'ont jusqu'à présent pas fourni de fossiles. En admettant qu'ils soient de même âge que partout ailleurs dans le Bassin parisien, cette lacune serait, en conséquence, moins importante dans le Bray qu'en Boulonnais (sous-zone à *Benettianus*, au lieu de *Benettianus* plus *inæquinodus*). La sédimentation interrompue plus tard y aurait recommencé plus tôt. La zone à *dentatus* est pour le surplus plus puissante en Bray (au moins 10^{m}), qu'en Boulonnais (4^{m},50 à Wissant).

2° Nous n'avons pas observé dans les argiles de fossiles de l'Albien supérieur.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Suite des recherches sur l'hérédité du caractère physiologique acquis : la précocité.* Note de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Marin Molliard.

Je continue les expériences que je fais depuis plusieurs années et dont j'ai présenté, chaque année, quelques résultats à l'Académie sur l'acquisition dans un milieu A (plus chaud) du caractère précocité manifesté ensuite dans un milieu B (moins chaud), où l'hérédité de ce caractère est démontrée. J'ai fait déjà, et je continue ces expériences avec le *Lepidum sativum*, qui s'est montré favorable à cette démonstration, et avec des Pois nains, qui ont paru moins favorables jusqu'en 1937. Voyons quelques résultats de la campagne de 1938.

Expériences avec le *Lepidum sativum*. — A la suite des premiers essais avec cette plante, j'ai été amené à considérer la chaleur comme agent principal de la précocité acquise et héritable, et à utiliser la formule biologique générale A*m*B*n* pour diriger mes recherches. Dans cette formule, je désigne par A, le milieu ou la plante qui y vit et, par B, le milieu ou la plante qui s'y développe. Si l'on sème les grains d'une même plante dans ces milieux, entre des limites convenables de température, les plantes A sont précoces par rapport aux plantes B. Si, après un certain nombre *m* de générations en A, les graines des plantes A*m* sont semées en B, il en provient des plantes A*m*B qui sont précoces par rapport aux plantes B. Enfin, si les graines de A*m*B sont encore semées en B pendant un nombre *n* de générations, on constate que les nouvelles plantes A*m*B*n* sont encore précoces par rapport à celles qui ont toujours vécu en B. Non seulement il y a acquisition de ce caractère, mais encore hérédité pendant *n* générations.

C'est ce que j'ai nettement constaté dans deux catégories d'expériences et ce qui s'annonce dans une troisième.

1. A, *vie sous châssis et* B, *vie en plein air*. — Après 9 générations sous châssis, ce Lepidium s'est montré, en plein air, précoce par rapport au Lepidium toujours en plein air et cela jusqu'à la 17[e] génération, $n = 17$, en 1938. Cette persistance de la précocité s'est encore manifestée dans des cultures faites à Rothamsted, à Marseille et à Alger.

2. A, *vie dans le Midi* (*Alger*) *et* B, *vie dans le Nord* (*Rennes*). — Après 3 générations à Alger, les graines semées à Rennes ont donné des plantes qui ont commencé à se montrer précoces par rapport à celles qui ont toujours vécu à Rennes et, en ce moment, la précocité s'est conservée jusqu'à la 9[e] génération dans A_3Re_9. Ici $n = 9$.

3. A, *milieu avec semis en mai* et B, *milieu avec semis en mars*. — J'ai déjà signalé, en 1937 (¹), que les plantes A_4B étaient assez précoces par rapport aux plantes B_5. En 1938, les plantes A_5B sont encore précoces par rapport aux plantes B_6. Il en a été de même pour les plantes A_4B_2, bien que les conditions de végétation se soient montrées sévères par la grande sécheresse de cette année. Dans cette catégorie s'annonce donc la même allure que celle des deux premières.

Expériences avec le Pois. — Ce n'est que quand j'ai vu les résultats obtenus par la culture du *Lepidium sativum* que j'ai cherché à voir si les mêmes résultats pouvaient s'obtenir avec une autre plante. Je me suis servi du Pois nain Merveille d'Amérique.

Après 5 générations sous châssis (1926-1930), ne voyant pas se produire de précocité en plein air, j'ai modifié, en 1931, l'installation des châssis en vue d'obtenir, sous cette nouvelle installation, une différence de température plus grande entre les deux milieux et j'ai semé des graines ayant déjà 5 générations sous châssis et de nouvelle graines, de telle sorte que j'avais deux séries de cultures sous châssis; une série avec déjà 5 générations et une autre qui commençait.

Après quelques générations soumises à ce régime, les essais en plein air ne donnaient pas d'indications précises sur l'acquisition du caractère précocité, et cependant le souvenir des cinq années du début se manifestait, mais seulement sous châssis, en comparant les Pois à $5 + n$ générations aux plantes à n générations sous châssis. Dans le groupe des $5 + n$ générations, les fleurs apparaissaient toujours avant celles du groupe des n géné-

(¹) Pierre Lesage, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 872.

rations. C'est de cette manière seulement que je me suis rendu compte de ce souvenir jusqu'en 1937. Mais, cette année, en 1938, les cultures de plein air ont, elles aussi, manifesté des différences nettes. Les graines de 1937, ayant $5+7$ générations sous châssis, ont donné en plein air, en 1938, des plantes qui ont fleuri avant les plantes qui ont toujours vécu en plein air. La floraison et la maturation ont été nettement précoces.

Nous avons là une manifestation nette de l'acquisition du caractère précocité et une amorce à l'étude de l'hérédité de ce caractère.

PHYSIOLOGIE. — *Faut-il rééduquer les gauchers ?*
Note (¹) de Mlle **Véra Kovarsky**, présentée par M. Antonin Gosset.

Première loi générale. — L'interdiction faite à un enfant gaucher de se servir de la main gauche (et du pied gauche dans ses jeux) et l'obligation qu'on lui impose de se servir de la main droite (et du pied droit dans ses jeux) provoquent toujours chez lui des troubles fonctionnels isolés ou associés : intellectuels, caractériels, affectifs, psychomoteurs, phonateurs et en font le plus souvent un inadapté scolaire.

L'amplitude, l'intensité, l'importance de ces troubles divers dépendent du degré de l'intelligence, de la constitution, de l'hérédité du sujet gaucher d'une part, et d'autre part des procédés qu'utilise l'entourage pour combattre la gaucherie, et de la façon permanente ou intermittente dont laquelle ces procédés sont appliqués.

Il est à noter que, chez un gaucher, la tendance naturelle à se servir de la main gauche est toujours accompagnée de la tendance à se servir dans les jeux du pied gauche.

Les enfants d'un niveau intellectuel et d'une santé suffisants, qui ont des difficultés particulières à apprendre à lire et à écrire, ou qui s'adaptent difficilement à la discipline scolaire, ou bien qui profitent peu de l'enseignement donné à l'école ordinaire, c'est-à-dire les inadaptés scolaires, sont d'une manière générale des gauchers contrariés. Les enfants qui bégaient ou qui ont des défauts de prononciation sont, à peu d'exception près (nous n'en avons pas rencontré), des gauchers contrariés.

Naturellement, il faut mettre à part ceux qui ont des défectuosités physiologiques concernant les organes phonateurs ou auditifs.

(¹) Séance du 10 octobre 1938.

Deuxième loi générale. — Les troubles d'origine psychogénique particuliers aux gauchers contrariés sont des troubles fonctionnels et comme tels ils sont curables. En laissant un gaucher contrarié se servir librement de la main gauche (et du pied gauche dans ses jeux), on pourra faire disparaître brusquement ou petit à petit, ou tout au moins atténuer la plupart de ces troubles.

L'éducation bimanuelle, et plus particulièrement jusqu'à l'âge de 13 ans, qui est préconisée par beaucoup, est nuisible au développement d'une manière générale et ne produit que des maladroits des deux mains.

L'usage prépondérant et forcé du pied droit dans les jeux chez un gaucher ne produit que des maladroits des deux pieds.

L'ambidextrie n'existe pas. On est gaucher ou on est droitier. Les enfants gauchers intelligents, grâce à la souplesse de leur esprit et de leur caractère, et à leur capacité d'adaptation, deviennent facilement de faux droitiers, mais c'est au détriment de leur équilibre intellectuel, caractériel, affectif, psychomoteur, phonateur.

Les gauchers pauvrement doués au point de vue intellectuel restent la plupart du temps des gauchers invétérés, ou bien, dans quelques cas seulement, obligés de se servir presque exclusivement de la main droite (et du pied droit dans leurs jeux), ils ne peuvent pas s'adapter aux conditions qu'on veut leur imposer, et leur intelligence reste improductive et comme inhibée. C'est pour ces raisons que l'on a pu croire jusqu'à présent que la gaucherie était rare et qu'elle était liée à une certaine infériorité intellectuelle.

La gaucherie est une disposition congénitale naturelle à caractère héréditaire (d'origine paternelle ou maternelle, ou bien mixte) et que l'on rencontre chez un nombre assez élevé de sujets. Son pourcentage reste à établir.

Toutes les contraintes que l'on impose à un gaucher en lui interdisant de se servir de la main gauche (et du pied gauche dans les jeux) n'arrivent qu'à modifier son activité normale, mais elles le laissent inébranlablement gaucher (gaucher contrarié ou faux droitier) et ne l'empêchent pas de transmettre cette disposition à ses enfants ou à ses petits-enfants. La contrainte de ceux qui essaient de corriger un gaucher laisse inchangé l'état du cerveau d'un gaucher. Comme on sait, mais comme aussi on semble le méconnaître, la gaucherie est due à la prépondérance anatomique, physiologique et fonctionnelle de l'hémisphère cérébral droit, qui se trouve ainsi être, chez un gaucher, le seul hémisphère capable d'assumer

le rôle actif et prédominant qui incombe à l'hémisphère gauche chez un droitier.

Ainsi l'étude de l'aspect psychologique de la gaucherie (nous avons fait cette enquête sur une population scolaire d'environ 2500 enfants, et nous avons examiné au point de vue psychologique, personnellement et individuellement, les enfants gauchers) vient confirmer et appuyer les constatations de M. Déjerine sur les dissemblances innées d'ordre anatomique, physiologique et fonctionnel qui différencient les gauchers des droitiers, et infirmer la thèse de ceux qui considèrent la gaucherie comme un déshonneur, une tare ou un défaut dû à l'imitation ou à une éducation insuffisante ou mal dirigée.

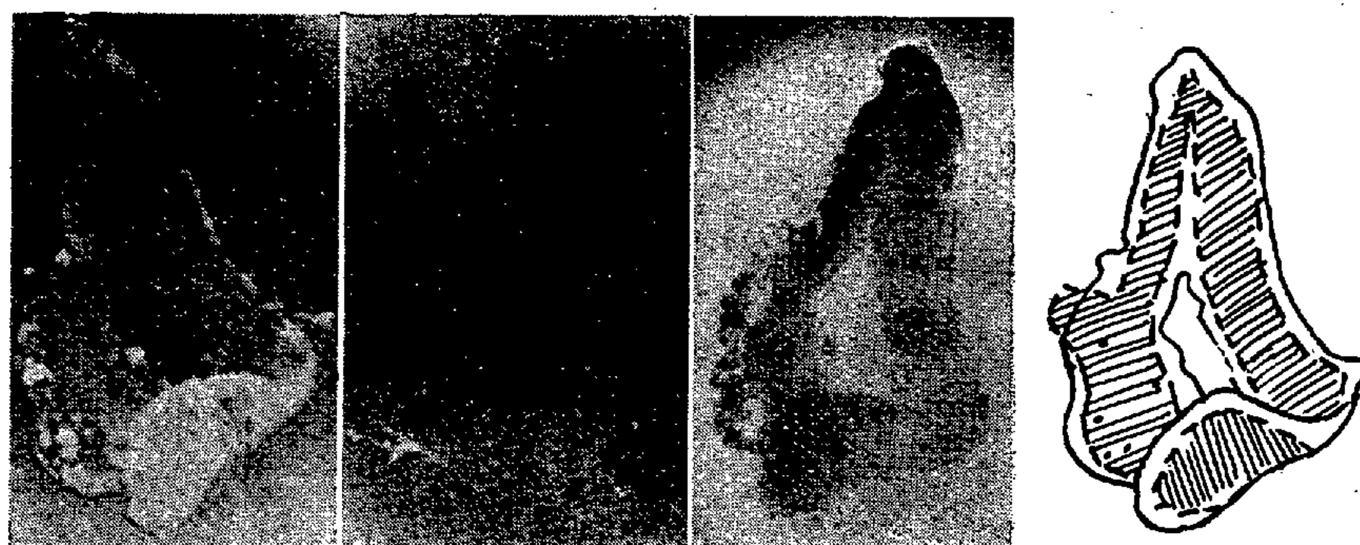
CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Détection du phosphore des phosphatides surrénaliens par le radio-phosphore.* Note de MM. **Henri Bulliard**, **Israël Grundland** et **André Moussa**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Précédemment, nous avons étudié divers aspects des complexes lipoprotéiques surrénaliens. Nous avons pu constater que la cortico-surrénale paraissait, morphologiquement, plus ou moins riche en graisse, sans que ces différences d'aspect correspondissent à une modification du taux des lipides totaux contenus dans la glande. L'évolution morphologique traduisait simplement l'état de combinaison plus ou moins lâche du complexe étudié. Il nous a paru intéressant de suivre cette évolution en nous servant du phosphore radioactif.

Nous savons en effet que le phosphore entre, sous forme de phosphatides, dans la composition de l'ion lipidique du complexe lipo-protéique. Hevesy, par ses études sur les éléments radioactifs, a démontré qu'il existait un phénomène d'échange, de mutation perpétuelle des atomes dans des composés qu'on pouvait croire bien fixés, et qu'un équilibre s'établit entre les atomes radioactifs et les atomes stables du même élément. En nous servant du radio-phosphore, nous avons voulu l'introduire dans la structure de l'ion lipidique, grâce à l'échange qui s'établirait entre le phosphore des phosphatides et le radio-phosphore; au moyen d'un film sensible, nous avons tenté de localiser approximativement les zones de radioactivité acquise. Ce procédé nous semblait susceptible de donner des indications sur les conditions de cet échange atomique : cet échange serait-il indépendant de l'état

du complexe lipo-protéique, ou bien serait-il rendu plus facile par sa dissociation et inhibé par sa recombinaison ?

Nos préparations microscopiques étaient des coupes de surrénale de lapin, faites à congélation sans fixation et d'une épaisseur de 15 μ, et traitées pendant 24 heures par le R-*P*. Le R-*P* utilisé était une solution de radio-phosphate de sodium obtenu au moyen des neutrons d'une source Rn + Be (Institut de Physique atomique de Lyon). Cet élément émet des rayons β avec une période de 15 jours, rayons qui n'ont qu'un faible pouvoir d'impression sur un film sensible. Il fallait donc : 1° réaliser un échange maximum entre la coupe et la solution de radio-*P*, en évitant le *P* n'appartenant pas à la préparation; 2° réduire au minimum l'épais-



Surrénale de Lapin : 1, coupe non colorée; 2, zone d'impression du film au contact de cette coupe, traitée par le R-*P*; 3, la même coupe après coloration des graisses; 4, schéma montrant, sur la surface de la coupe, la projection de la zone impressionnée du film (hachures).

seur de l'écran absorbant qui séparerait la préparation des faces sensibles du film; 3° opérer dans des conditions constantes.

Ainsi, dans la préparation du radio-phosphore, la quantité de phosphore entraîneur était réduite au strict minimum; nous nous sommes abstenus de colorer les coupes de crainte d'introduire avec nos colorants du phosphore n'appartenant pas en propre à la préparation. Nous ne colorions la coupe qu'après résultat photographique satisfaisant.

Le montage habituel au mélange d'Apathy n'était pas possible, vu que ce sirop, à base de saccharose, contient en tant qu'impureté du phosphore, qui suit le sucre. Il y avait danger de voir se former des foyers atomiques de radioactivité aux dépens du R-*P* appartenant primitivement à la préparation et en dehors d'elle. Nous avons évité cette difficulté en montant les coupes dans l'eau bi-distillée entre deux feuilles minces de

cellophane. Ce procédé nous a permis de garder les coupes en bon état durant tout le temps de pose et nous avons pu les colorer après 3 semaines de séjour dans la cellophane. Nous placions nos préparations entre les faces sensibles de deux films radiologiques et nous les abandonnions, à la chambre noire, le temps correspondant à la vie moyenne du R-*P* (15 jours). Les films étaient ensuite développés, et des photographies de la coupe et de la zone impressionnée du film étaient faites au même grossissement.

Le film montrait une image, qui reproduisait en gros la coupe. Cependant la surface impressionnée ne correspond pas à l'étendue de la préparation, mais reproduit seulement la zone fasciculée de la surrénale (la plus riche en graisse). La zone glomérulaire externe ainsi que la zone réticulée centrale et la médullo-surrénale (morphologiquement pauvres en graisse) n'influencent pas le film. Il semble donc que le R-*P* s'est échangé principalement avec le *P* appartenant aux phosphatides des lipides dans la zone fasciculée, qui est la plus riche. La couche glomérulaire et la zone médullaire inactives, contenant cependant du *P* au niveau de leurs nucléoprotides, nous font penser que le *P* nucléaire ne prend pas part à cette intermutation atomique. Ce fait paraît dû à ce que le *P* lipidique provenant des complexes lipo-protéiques dissociés présente plus de facilité à la mutation que le *P* nucléique plus fortement retenu.

Cette technique de mise en évidence du R-*P* au niveau de coupes à congélation nous semble pouvoir servir à l'étude des variations de l'échange atomique (*P* et R-*P*) par rapport à l'état de combinaison des complexes lipo-protéiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La choline hydrosoluble des Invertébrés. Étude de la Patelle.* Note de M. **Ernest Kahane** et Mlle **Jeanne Lévy**, présentée par M. Charles Pérez.

Nous avons montré qu'il existe, dans le sperme de l'Homme et des Mammifères, une substance hydrosoluble capable de libérer de la choline sous des influences enzymatiques (1). L'étude des propriétés de cette substance nous a conduits à établir une méthode générale de séparation des constituants choliniques hydrosolubles des tissus (2). Nous avons appliqué

(1) E. Kahane et J. Lévy, *Comptes rendus*, 202, 1937, p. 2186.
(2) E. Kahane et J. Lévy, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 642.

cette méthode à divers animaux, organes et tissus, dans l'espoir de trouver une matière première assez abondante, utilisable pour l'analyse immédiate de la *choline hydrosoluble*. Nous n'avons trouvé cette source ni chez les Mammifères ([2]) dont les organes accessibles ne contiennent que peu de choline hydrosoluble, ni dans le sperme de Poisson (Truite arc-en-ciel) recueilli au Centre d'Hydrobiologie du Paraclet, ni dans le sperme d'Oursins ou de Pholades examiné à la Station Zoologique de Wimereux, qui n'en contiennent pas trace.

Comme certains Invertébrés sont particulièrement riches en substances voisines de la choline (bétaïne, oxyde de triméthylamine, etc.) et malgré des chiffres peu élevés obtenus par Gautrelet et ses collaborateurs ([3]), nous avons mené une enquête sur la teneur en choline hydrosoluble libre et combinée de ces animaux. D'après les observations recueillies à la Station de Biologie de Roscoff, certains Invertébrés (Étoiles de mer, Oursins, Étrille, Maïa) ne contiennent que des traces imperceptibles de choline hydrosoluble, alors que d'autres (Anémones de mer, Éponges, Siponcle, Spirographe, Pagure) en contiennent, comme les Mammifères, 20 à 50^{γ} par gramme. Enfin, un Gastéropode très commun, la Patelle (*Patella vulgata*), possède une teneur en choline hydrosoluble comparable à celle du sperme ou des vésicules séminales : $0^{mg},5$ à $2^{mg},5$ par gramme.

Nous avons dosé l'acétylcholine, la choline libre, la choline hydrosoluble combinée et la choline insoluble de lots de Patelles provenant de diverses régions, et nous avons constaté que le taux élevé de la choline hydrosoluble observé à Roscoff ne tient pas à des conditions locales, mais peut être considéré comme spécifique (Tableau I). Les autres Mollusques que nous

TABLEAU I. — *Choline hydrosoluble des Patelles.*

Origine.	Choline libre γ par gr.	Choline hydrosoluble totale γ par gr.
Roscoff	0–200	500–2500
Wimereux	0–20	400–800
Royan	75	400

avons étudiés ne présentent pas, à cet égard, plus d'analogies avec la Patelle que les animaux appartenant à d'autres embranchements (Tableau II).

La majeure partie de la choline hydrosoluble est localisée dans le pied

([3]) Mme CARAYON-GENTIL et J. GAUTRELET, *C. R. Soc. Biol.*, 127, 1938, p. 887.

de la Patelle ([1]), dans lequel elle paraît uniformément répartie. Cet organe constitue, par conséquent, un matériel de choix dont il nous a été facile de

TABLEAU II. — *Choline hydrosoluble des Mollusques.*

		Espèces.	Choline libre γ par gr.	Choline hydrosoluble γ par gr.
Gastéropodes.	Prosobranches :			
	Hétérocardes...	Patella (*Patella vulgata*)	0–200	400–2500
	Diotocardes....	Ormeau (*Haliotis tuberculata*)	5–25	5–25
	Monotocardes..	Bigorneau (*Littorina littorea*)	traces	traces
		Littorina obtusata	»	»
		Purpura lapillus	5–10	200
	Opisthobranches..	Aplysie (*Aplysia depilans*)	5–10	10
	Pulmonés........	Escargot (*Helix pomatia*)	10–20	10–20
		(*Helicella ericetorum*)	traces	20
Lamellibranches............		Moule (*Mytilus edulis*)	traces	2
		(*Cytherea chione*)	»	3
Céphalopodes..............		Pieuvre (*Octopus vulgaris*)	traces	traces

traiter des quantités importantes par la méthode de défécation ferrique que nous employons pour l'analyse (2). Nous avons obtenu des extraits aqueux contenant plusieurs grammes de *choline hydrosoluble*, dont nous étudions la composition et les propriétés.

La choline hydrosoluble combinée de l'extrait du pied de Patelle est soluble dans les alcools méthylique et éthylique dilués, insoluble dans l'éther, l'acétone, l'éther acétique, l'éther de pétrole, le benzène, le chloroforme, Elle ne précipite ni par les réactifs généraux des alcaloïdes : chlorure mercurique, acides phosphotungstique, silicotungstique, réactif iodo-ioduré, sel de Reinecke, acide picrique, ni par les agents de défécation : hydroxyde de fer, acétate de plomb, acide trichloracétique. En solution aqueuse, elle est assez stable à froid, elle libère lentement de la choline à l'ébullition, rapidement et complètement en milieux acide et alcalin. La choline hydrosoluble disparaît entièrement par putréfaction. Elle se dégrade lentement, avec libération de choline, au cours de l'autolyse, et rapidemment sous l'influence de nombreux extraits enzymatiques, parmi lesquels ceux du sperme et de la prostate, ce qui rapproche la choline hydrosoluble de la Patelle de celles du sperme ou de divers organes.

Même si les principes choliniques hydrosolubles de la Patelle, du sperme etc. n'étaient pas identiques, ils présentent assez de propriétés

([1]) C'est dans les viscères que nous avions observé jusqu'ici les taux les plus élevés de substances choliniques.

communes pour que l'étude complète d'un seul d'entre eux, que nous avons à présent le moyen d'effectuer, éclaircisse les problèmes généraux déjà posés par l'existence de formes labiles de la choline dans les tissus ([5]).

BACTÉRIOLOGIE. — *Données sur la morphologie du virus de la fièvre jaune et sur la morphogenèse des inclusions qu'il provoque dans les tissus.* Note ([1]) de M. STÉFAN NICOLAU, présentée par M. Louis Martin.

L'étude des coupes colorées avec notre méthode au bleu de méthyle oxalaté-fuchsine acide et provenant d'animaux morts de fièvre jaune expérimentale, nous a permis de constater ce qui suit.

Souris. — Dans l'encéphale de la souris, on trouve souvent des inclusions volumineuses, sans structure interne, colorées d'un beau rouge, et occupant presque tout le noyau des cellules du plexus choroïde. Des inclusions semblables peuvent exister également dans les cellules gliales, surtout dans le mésocéphale. Certaines de ces cellules renferment dans le noyau vidé de sa chromatine (sauf quelques restes accolés à la membrane nucléaire) des masses granulaires de dimensions variables, constituées par des amas d'éléments cocciformes plus ou moins soudés entre eux. On peut surprendre toute la gamme de transition entre les amas dont les éléments constituants sont bien individualisés, et les inclusions volumineuses typiques. *Nous croyons pouvoir considérer ces amas de corpuscules comme des colonies intranucléaires de germes de la fièvre jaune.* Dans certains noyaux, la densité des amas en corpuscules étant faible, on peut bien distinguer l'aspect de ces éléments : ils apparaissent comme *de tout petits cocci, disposés parfois en grappe comme des staphylocoques, parfois en amas de petites chaînettes de* 3, 4 *ou même* 5 *éléments.* On peut trouver ces petits corpuscules cocciformes isolés et bien séparés les uns des autres dans une partie du noyau parasité, l'autre partie étant occupée par une colonie dense de germes ou par des fragments de chromatine.

L'aspect de ces inframicrobes varie selon le stade de la défense des éléments cellulaires qui les contiennent. Ainsi que nous l'avons précisé dans des travaux antérieurs, les virus (herpétiques, vaccinaux, ou ceux de la maladie d'Aujeszky) pénètrent dans les cellules, y pullulent et forment

([5]) E. KAHANE, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 19, 1937, p. 206.

([1]) Séance du 17 octobre 1938.

de vraies colonies. La cellule peut être envahie complètement par les germes; dans ce cas elle dégénère et la nécrobiose s'ensuit. Si elle réagit grâce à son potentiel défensif ou aux anticorps tissulaires qui prennent naissance au cours même de l'infection, la pullulation des germes est entravée, les inframicrobes qui la parasitent sont agglutinés, dégénèrent et se soudent entre eux de manière plus ou moins intime. C'est à la suite de cette coalescence d'inframicrobes dégénérés que prennent naissance les inclusions. Selon le stade plus ou moins avancé de la dégénérescence de ces germes, leur affinité tinctoriale se trouve plus ou moins pervertie. Ces constatations, faites à l'occasion de l'étude des virus mentionnés plus haut, sont pleinement confirmées par celles enregistrées au cours de l'étude du virus amaril. C'est par les degrés de la défense tissulaire de chaque cas et de chaque élément cellulaire, que nous nous expliquons pourquoi dans certains cerveaux et dans des cellules déterminées on trouve des inclusions très volumineuses (de 4 à 6^{μ}), dans d'autres des inclusions très petites ou seulement des amas d'inframicrobes à peine constitués, voire même des germes isolés, non agglutinés, disséminés dans le noyau comme une poussière qui se colore en rouge avec la méthode de Mann.

Cobaye. — Dans le cerveau des cobayes, nous avons rencontré les mêmes aspects que chez la souris. Cependant, les cellules gliales encéphaliques de cette espèce animale se prêtent moins bien à l'étude du virus amaril qui y cultive, que celles de la souris. Par contre, les neurones nous ont révélé des aspects fort intéressants. Nous y avons trouvé des petits amas d'inframicrobes qui se transforment petit à petit en inclusions nucléaires; certains neurones renferment entre les petites inclusions déjà constituées, des germes non agglutinés, bien individualisés, et dont la morphologie est identique à celle des inframicrobes qui parasitent les cellules gliales chez la souris.

Dans tous les cas sus-mentionnés, les germes ont toujours la même forme de cocci et les mêmes dimensions; ces dimensions, difficiles à préciser à l'aide des moyens optiques, ne semblent pas s'éloigner sensiblement de celles précisées à l'aide de l'ultrafiltration.

Singe. — L'étude du foie des singes morts de fièvre jaune expérimentale ne nous a pas permis de faire des constatations aussi nettes que celles réalisées dans le cerveau des souris et des cobayes. On sait que les noyaux des cellules hépatiques renferment de nombreuses inclusions volumineuses. Les germes s'y trouvent, transformés en inclusions ou en blocs irréguliers d'éléments inframicrobiens agglutinés et soudés ensemble. C'est un stade

trop avancé de l'infection, qui ne se prête pas bien à l'étude morphologique du virus. L'étude du foie de singes infectés et sacrifiés à des stades déterminés de l'infection, donnerait, nous le pensons, des résultats plus satisfaisants; c'est ce que nous nous proposons de réaliser sous peu.

Conclusions. — L'inframicrobe de la fièvre jaune a été mis en évidence sous la forme de petits cocci.

Ces germes sont agglutinés dans les cellules, ils y dégénèrent, se soudent ensemble et forment ainsi des inclusions caractéristiques au sein des éléments parasités.

A 15h30m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h15m.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 10 octobre 1938.)

Note de M. *Alain Berton*, Étude comparée de la couleur visible et ultraviolette des oxydes minéraux et de leurs hydroxydes et hydrates :

Pages 626, lignes 21 à 26, *lire* L'allure générale du spectre se rapproche de celle des spectres de complexes verts du chrome.

Page 627, fin de la ligne 22, *au lieu de* 4070-3760-3620-3450, *lire* 4040-3760-3620-3450.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 2 NOVEMBRE 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires.* Note de M. **HENRI DESLANDRES.**

Cette analyse nouvelle a été exposée et appliquée dans 17 Notes des *Comptes rendus*, publiés depuis 1930 (¹). Elle s'appuie sur la formule (1), ci-dessous, vérifiée déjà sur plus de 150 molécules, qui annonce une relation simple entre chaque fréquence infrarouge ν de la molécule et le nombre s' d'électrons activés dans un de ses atomes ou groupes d'atomes par l'approche d'un autre atome ou groupe d'atomes de cette molécule. De plus les électrons s' sont activés par anneaux et sous-anneaux

$$(1) \qquad \nu \text{ en cm}^{-1} = \frac{q\,d_1}{s'\,r'},$$

d_1 étant la constante universelle 1062,5, q et r étant des nombres entiers.

Cette analyse décèle les groupes d'atomes et d'électrons liés à la fréquence, l'ionisation intérieure et les polymères.

Or, récemment, Moureu, Magat et Wetroff ont annoncé (²) que le spectre Raman du pentachlorure de phosphore solide était tout autre que le spectre Raman du composé liquide, et ils ont attribué le fait à des arrangements différents des atomes dans la molécule. J'ai appliqué aux deux

---

(¹) Lire surtout les dix dernières, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2037; 199, 1934, p. 393 et p. 1543; 200, 1935, p. 603 et 1997; 205, 1937, p. 1337; 206, 1938, p. 1153, 1424 et 1844; 207, 1938, p. 5.

(²) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 276 et 545.

spectres de PhO^6 l'analyse nouvelle qui peut apporter des renseignements utiles, et j'ai étendu la recherche à la molécule PCl^3 qui est intéressante. Les résultats sont résumés dans le tableau XVII ci-contre.

Ce tableau, comme les deux précédents, présente d'abord la liste *Act.* des nombres s' d'électrons activables, nombres déduits de la formule chimique des composés. L'analyse consiste à rechercher les nombres $s'r'$ qui, portés dans la formule (1), reproduisent la fréquence avec un résidu très faible. Or, dans la grande majorité des cas, les nombres s' ainsi obtenus sont aussi des nombres s' de la liste *Act.*; d'où il résulte que les fréquences de la molécule sont bien sous la dépendance des anneaux et sous-anneaux d'électrons de ses atomes.

Souvent les atomes de la molécule forment deux groupes qui s'activent mutuellement, la distance des atomes dans chaque groupe étant moindre que la distance des deux groupes ([3]). Les conditions sont les meilleures lorsque les deux groupes ont des nombres s' qui sont égaux, ou dont les différences sont des nombres pairs, tels que 2, 4, 6; car, dans ce dernier cas, l'ionisation intérieure peut intervenir pour assurer l'égalité des nombres s', l'union plus forte des deux groupes et la durée plus longue de leurs fréquences. Lorsque les deux groupes, ou même un seul, sont des molécules stables, comme dans l'arrangement $PCl^3 — Cl^2$, la résistance aux chocs est plus grande, et leurs fréquences se maintiennent un temps plus long. Parfois les deux groupes ont des fréquences très voisines, sans avoir les mêmes nombres s'; ce cas spécial est celui des deux pendules qui, isolés, ont des périodes un peu différentes et la même période, quand on les fixe à un même support.

L'analyse avec la formule (1) a montré que la fréquence de vibration est un harmonique de plusieurs fréquences élémentaires, rattachées à des arrangements différents des électrons et des atomes, quelques-uns de ces harmoniques pouvant être légèrement forcés. Tous ces arrangements agissent les uns sur les autres par résonance, et l'arrangement le plus fréquent a l'action la plus forte; il impose à l'ensemble sa fréquence particulière ou

---

([3]) Lorsqu'un radical se substitue à un atome, la distance entre les atomes du radical doit être plus petite que la distance entre le radical et les autres parties de la molécule. Les électrons d'un radical doivent être liés entre eux à peu près comme les électrons d'un atome; car, en fait, tout se passe comme si le $n^{\text{ième}}$ anneau d'un radical était la réunion des $n^{\text{ièmes}}$ anneaux de ses atomes; ce qui a été reconnu d'abord avec les radicaux simples CH^3, NH^2 et OH.

Tableau XVII. — *Analyse de fréquences infrarouges de molécules.*

Liste Act. — Nombres s' d'électrons des anneaux (a.) et sous-anneaux (a'.) activables dans les atomes et groupes d'atomes des molécules PCl^3 et PCl^5.

			PCl^3.		*PCl^5. I.*		*PCl^5. II.*		*PCl^5. III.*		
	P.	*Cl.*	*PCl.*	*Cl^2.*	*PCl^2.*	*Cl^3.*	*PCl.*	*Cl^4.*	*PCl^3.*	*Cl^2.*	
1 a'.........	***3***	***5***	***8***	***10***	***13***	***15***	***8***	***20***	***18***	***10***	*1* a'.
1 a..........	***5***	***7***	***12***	***14***	***19***	***21***	***12***	***28***	***26***	***14***	*1* a.
2 a'.........	***11***	***13***	***24***	***26***	***37***	***39***	***24***	***52***	***50***	***26***	*2* a'.
2 a..........	***13***	***15***	***28***	***30***	***43***	***45***	***28***	***60***	***58***	***30***	*2* a.
3 a..........	***15***	***17***	***32***	***34***	***49***	***51***	***32***	***68***	***66***	***34***	*3* a.

Molécule t mode d'excitation.	Intensité entre ( ) et fréquence de la radiation en cm^{-1}.	Multiple correspondant de $d_1/s'\ r'$ et résidu.	Nombre s' d'électrons activés dans l'atome ou groupe d'atomes et nombre de leurs anneaux.
Raman..............	$\nu =$ (10) 190 $=$	$2\,d_1/11 \quad -3,2$	11 de PCl^+ 1 a. et Cl^{2-} 1 a'.
quences 66 électrons.		$3\,d_1/17 \quad +2,5$	17 de Cl 3 a.
		$5\,d_1/14\times2-0,2$	28 de PCl 2 a. et 14 de Cl^2 1 a.
		$7\,d_1/13\times3-0,7$	13 de PCl^- 1 a. et de Cl^{2+} 1 a.
		$8\,d_1/15\times3+1,1$	15 de P 3 a. et 9 de PCl^- et Cl^{2+} 1 a'.
		$9\,d_1/25\times2-1,2$	25 de PCl^- et Cl^{2+} 2 a'.
	$\nu =$ (10) 258 $=$	$6\,d_1/25 \quad +3,0$	id.
		$7\,d_1/29 \quad +1,5$	29 de PCl^- et Cl^{2+} 2 a.
		$8\,d_1/33 \quad +0,4$	33 de PCl^- et Cl^{2+} 3 a.
		$11\,d_1/\ 9\times5-1,7$	9 de PCl^- et Cl^{2+} 1 a'.
	$\nu =$ (10) 511 $=$	$12\,d_1/25 \quad +1,0$	25 de PCl^- et Cl^{2+} 2 a'.
		$13\,d_1/27 \quad -0,6$	27 de PCl^+ 2 a. et de Cl^{2-} 2 a'.
		$14\,d_1/29 \quad -1,9$	29 de PCl^- et Cl^{2+} 2 a.
		$23\,d_1/12\times4+1,9$	12 de P^{+++} 3 a. et 24 de $(Cl^-)^3$ 1 a.
liquide, Raman......	$\nu =$ (10) 100 $=$ {	$d_1/11 \quad +3,4$	11 de PCl^+ 1 a.
quences, 100 électrons.	{	$2\,d_1/21 \quad -1,2$	21 de Cl^{4-} 1 a' et 14 de PCl^{2-} et Cl^{3+} 1 a'.
		$3\,d_1/32 \quad +0,5$	32 de PCl 3 a. et de Cl^2 3 a. et 2 a.
		$8\,d_1/28\times3-1,2$	28 de PCl 2 a. et Cl^4 1 a.
	$\nu =$ (6,5) 392 $=$ {	$7\,d_1/19 \quad -0,5$	19 de PCl^2 1 a.
	{	$11\,d_1/15\times2+2,4$	15 de Cl^3 1 a'.
		$14\,d_1/38 \quad +0,5$	38 de PCl^{2-} et de Cl^{3+} 2 a'.
		$37\,d_1/50\times2-1,1$	50 de PCl^{2-} et Cl^{3+} 3 a.
	$\nu =$ (6,3) 271 $=$	$9\,d_1/\ 5\times7-2,1$	5 et 7 de P et Cl 1 a.
		$12\,d_1/47 \quad -0,3$	47 de PCl^{2++} 3 a. et Cl^{3--} 2 a.
solide, Raman........	$\nu =$ (10) 356 $=$	$d_1/\ 3 \quad +1,8$	les multiples de 3, 18 et 30; 9, 15, 27 et 33.
quences, 100 électrons.	$\nu =$ (8) 450 $=$	$11\,d_1/26 \quad +0,5$	26 de PCl^3 1 a. et Cl^2 2 a'.
	{	$8\,d_1/19 \quad +2,8$	19 de PCl^{3-} 1 a'.
	{	$14\,d_1/33 \quad -0,5$	33 de Cl^{2+} 3 a. et de PCl^4 1 a.
	{	$19\,d_1/\ 9\times5+1,4$	9 de Cl^{2+} 1 a'. et 15 de Cl 2 a.
	$\nu =$ (4) 244 $=$	$6\,d_1/26 \quad -1,2$	26 Voir ci-dessus et 13 de P 2 a. et Cl 2 a'.
		$11\,d_1/\ 8\times6+0,5$	8 et 6 de P^{+++++} et Cl^- 1 a. et 1 a'.
	$\nu =$ (2) 409 $=$	$10\,d_1/26 \quad +0,3$	26 Voir ci-dessus.

une fréquence très voisine [1]. Chaque fréquence de la molécule correspond ainsi à un groupe distinct de ces arrangements. Le spectre observé est une *sélection naturelle* entre les radiations très nombreuses qui émanent des atomes et groupes d'atomes, et qui persistent un temps notable, seulement lorsque les autres parties de la molécule émettent la même fréquence. Il faut s'attendre à des variations légères de ces fréquences avec l'état de la molécule et le mode d'excitation.

Ces propriétés de la molécule sont vérifiées une fois de plus avec les composés PCl^3 et PCl^5. Le tableau donne la liste *Act.* des atomes P et Cl isolés; il y a égalité des électrons activés avec les nombres 5, 13 et 15 que l'on retrouve dans les fréquences des deux molécules; mais il doit arriver rarement que 4 et 6 atomes sont activés en même temps de la même manière. Il convient d'examiner surtout les divisions de la molécule en deux groupes. Avec PCl^3, on a les trois arrangements $PCl — Cl^2$, $PCl^2 — Cl$ et $P — Cl^3$; le premier, qui est le plus fréquent, est présenté seul dans la liste *Act.* On y distingue le nombre s'28 de PCl qui s'accorde avec le nombre s'14 de Cl^2, et se retrouve dans la fréquence ν190, la plus petite du spectre. De plus, plusieurs s' de PCl et Cl^2 ont des différences égales à 2, 4, 6 et l'ionisation intérieure est facile. L'égalité des nombres s' est réalisée par $PCl^- — Cl^{2+}$ avec les nombres d'électrons 9, 13, 25, 29, 33 et par $PCl^+ — Cl^{2-}$ avec les nombres 11, 27 et 31. Or les 7 premiers de ces nombres se retrouvent dans les 3 radiations du tableau, et le 8ᵉ, égal à 31, est rattaché à une radiation faible non insérée. La molécule offre un exemple remarquable d'ionisation intérieure.

Le tableau permet de rapprocher et de comparer les nombres s' des deux autres arrangements; quelques-uns de ces nombres se retrouvent dans les fréquences insérées.

Avec la molécule PCl^5, les divisions possibles des atomes en deux groupes sont $PCl^2 — Cl^3$, $PCl — Cl^4$, $PCl^3 — Cl^2$, $PCl — Cl^4$ et $PCl^4 — Cl$, $P — Cl^5$. Le tableau donne la liste *Act.* des 3 premières divisions I, II et III, qui sont les plus fréquentes, et dont la durée est estimée croissante de la 1ʳᵉ à la 3ᵉ. Ensuite il donne en partie l'analyse des 3 fréquences principales de PCl^5 liquide et des 4 fréquences de PCl^5 solide. On constate que la 1ʳᵉ fréquence de PCl^5 liquide s'accorde avec l'arrangement II et que les deux autres fréquences sont plutôt rattachées à l'arrangement I.

---

(1) Pour bien reconnaître les fréquences finales, une précision plus grande des mesures et une dispersion plus forte des spectrographes, seraient nécessaires.

Avec PCl^5 solide, l'analyse des fréquences met en relief le nombre s' égal à 26, avec un résidu faible; et ce même nombre s' est dans l'arrangement (III) de $PCl^3 — Cl^2$ de la liste *Act.* le seul nombre commun aux deux groupes.

D'autre part les arrangements $PCl^4 — Cl$, $PCl^{4+} — Cl^-$, $PCl^{4-} — Cl^+$, moins fréquents, sont en bon accord surtout avec le spectre de PCl^5 solide.

D'où l'indication suivante : le PCl^5 liquide doit correspondre aux arrangements $PCl^2 — Cl^3$ et $PCl — Cl^4$, et le PCl^5 solide à $PCl^3 — Cl^2$. Quant à la position des atomes et groupes d'atomes dans ces arrangements, l'analyse nouvelle indique que les atomes de chaque groupe sont plus rapprochés que le sont les groupes eux-mêmes.

L'application de cette règle à plusieurs molécules sera présentée avec détails dans une Note prochaine.

D'après cette règle, la molécule simple PCl^3 pourrait être un tétraèdre oblique par rapport à sa base qui est un triangle isocèle formé par les trois atomes de chlore. Les deux lignes P — Cl et Cl — Cl sont alors perpendiculaires, mais elle peuvent être parallèles.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les actions électriques dans un système de corps isotropes.* Note (¹) de M. **Louis Roy**.

Si l'on développe enfin les termes électriques de l'égalité fondamentale (1) de notre avant-dernière Note (²), on fait apparaître non seulement les actions électrostatiques bien connues qu'exerce le champ électrostatique sur l'électricité libre et sur la polarisation diélectrique, mais aussi d'autres actions qu'exerce la force électromotrice d'induction, c'est-à-dire la partie non électrostatique du champ électrique, sur la polarisation diélectrique. Tandis que les premières correspondent aux actions purement magnétiques, on voit que les secondes correspondent à celles que le champ magnétique des courants exerce sur l'aimantation. De même enfin que pour les actions totales exercées sur l'aimantation, on reconnaît que, dans les actions électriques élémentaires qui s'exercent sur un diélectrique parfaitement doux déformable, il est impossible de séparer entièrement ce qui est dû au champ électrostatique et à la force électromotrice d'induction.

(¹) Séance du 10 octobre 1938.
(²) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 659.

Considérons donc les actions électriques totales dont le système est le siège et soient, tout d'abord, ε la constante fondamentale des actions électrostatiques; e, σ les densités cubique et superficielle de l'électricité; E, Σ les densités cubique et superficielle de la distribution fictive équivalente de la polarisation diélectrique; (X, Y, Z) le champ électrostatique; (**X**, **Y**, **Z**) le champ électrique total; (A, B, C) l'intensité de polarisation diélectrique J, de cosinus directeurs λ, μ, ν; G la fonction définie par

$$G = F - \rho \frac{\partial F}{\partial \rho},$$

F étant une fonction de J, ρ, T liée, pour un corps parfaitement doux, au coefficient de polarisation diélectrique k par la relation

$$\frac{J}{k} = \frac{\partial F}{\partial J}.$$

Cela posé, voici les résultats que fournit le développement de l'équation fondamentale :

I. *Diélectrique parfaitement doux déformable.* — En chaque point M de la surface d'un tel diélectrique s'exerce la tension normale

$$(1) \qquad 2\pi\varepsilon(\sigma + \Sigma)^2 + |A\mathbf{X}| - G,$$

comptée positivement vers l'extérieur du corps, et la pression de composantes

$$(2) \qquad X(\sigma + \Sigma) + |A\mathbf{X}||\lambda\alpha|\lambda, \quad \ldots,$$

α, β, γ désignant les cosinus directeurs de la demi-normale intérieure [3].

En chaque point intérieur de ce diélectrique s'exerce la force par unité de volume de composantes

$$(3) \quad X(e+E) - \frac{\partial |A\mathbf{X}|}{\partial x} + \frac{\partial \lambda^2 |A\mathbf{X}|}{\partial x} + \frac{\partial \lambda\mu |A\mathbf{X}|}{\partial y} + \frac{\partial \lambda\nu |A\mathbf{X}|}{\partial z}$$
$$+ \left(1 - \frac{\rho}{k}\frac{\partial k}{\partial \rho}\right)\left(\mathbf{X}\frac{\partial A}{\partial x} + \mathbf{Y}\frac{\partial B}{\partial x} + \mathbf{Z}\frac{\partial C}{\partial x}\right) + \frac{\partial G}{\partial \rho}\frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\partial G}{\partial T}\frac{\partial T}{\partial x}, \quad \ldots.$$

On voit que les termes en G des actions élémentaires (1) et (3) empêchent, en effet, de séparer entièrement ce qui est dû au champ électrostatique, de ce qui est dû à la force électromotrice d'induction.

---

[3] Dans les expressions (1) et (2), (X, Y, Z) et (**X**, **Y**, **Z**) ne désignent pas les champs en M, mais les limites vers lesquelles ils tendent en un point M′ *intérieur* au diélectrique, quand M′ tend vers M.

La résultante et le moment résultant des forces élémentaires résultant de (1), (2) et (3) peuvent être calculés comme si le diélectrique était soumis, en chaque point de sa surface, à la tension $2\pi\varepsilon(\sigma+\Sigma)^2$ et à la pression $(X, Y, Z)\sigma$, le vecteur (X, Y, Z) ayant ici la même signification que dans (2), et, en chaque point intérieur, à la force par unité de volume de composantes

$$Xe + A\frac{\partial X}{\partial x} + B\frac{\partial Y}{\partial x} + C\frac{\partial Z}{\partial x}, \quad \ldots,$$

et au couple par unité de volume de composantes

$$BZ - CY, \quad CX - AZ, \quad AY - BX.$$

On voit que la résultante et le moment résultant sont purement électrostatiques, puisque la force électromotrice d'induction n'intervient plus; on en conclut que les forces élémentaires que celle-ci exerce sur le diélectrique constituent un système nul.

Remarquons encore que, si le système n'est pas électrisé $[(e, \sigma) = 0]$, cette règle de calcul est l'analogue de celle qui détermine la résultante et le moment résultant des forces qui s'exercent sur l'aimantation d'un aimant permanent rigide.

II. *Diélectrique rigide.* — La résultante et le moment résultant des forces qui s'exercent sur un diélectrique rigide, parfaitement doux ou permanent ([1]), restent donnés par la règle précédente, sauf que la tension $2\pi\varepsilon(\sigma+\Sigma)^2$ a disparu et que (X, Y, Z) désigne maintenant, non plus le champ électrostatique du système entier, mais celui qui est dû à l'ensemble des différents corps du système, autres que le diélectrique considéré. Si le système n'est pas électrisé, cette règle de calcul est encore analogue à celle qui détermine la résultante et le moment résultant des forces qui s'exercent sur l'aimantation d'un aimant permanent rigide.

En faisant hommage à l'Académie du fascicule XCIX des *Résultats des Campagnes scientifiques du* Prince Albert Ier de Monaco, M. **P. Portier** s'exprime en ces termes :

Ce fascicule résume les *Recherches bactériologiques poursuivies à bord de la Princesse-Alice* au cours des campagnes de 1902 à 1905.

([1]) L'hystérésis considérable récemment observée sur l'électret et sur le sel de seignette nous paraît, en effet, justifier la considération du diélectrique permanent.

Il comprend des études sur les bactéries de la vase des fonds marins, sur les microorganismes du tube digestif des animaux marins (les animaux imnivores des grandes profondeurs ont été particulièrement étudiés); sur les bactéries de la cavité péritonéale des squales.

La partie la plus importante du Mémoire a trait à l'étude de la répartition des bactéries dans la masse d'eau des océans. De nombreuses tentatives avaient été faites pour élaborer une méthode permettant de puiser l'eau aux plus grandes profondeurs et de la ramener à la surface en éliminant toute contamination pendant le retour. Aucune n'avait donné de résultats satisfaisants.

Avec la collaboration de M. J. Richard, ce difficile problème de bactériologie marine semble avoir enfin reçu une solution présentant toute garantie.

L'appareil, perfectionné à plusieurs reprises, donne maintenant une certitude absolue au sujet de la récolte aux plus grandes profondeurs.

Cette méthode a permis de montrer que les bactéries étaient abondantes dans les zones de la mer où les êtres vivants étaient eux-mêmes nombreux.

Leur principale fonction est, en effet, de remanier les cadavres et les déchets et de faire rentrer les éléments qui les composent dans le circulus général de la matière à la surface de la planète.

M. **P.-A. Dangeard** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage posthume de M. Ch. Flahault, *La distribution géographique des Végétaux dans la Région méditerranéenne française*, publié par H. Gaussen. Le manuscrit de cet Ouvrage a été conservé dans les Archives de l'Académie, qui lui avait décerné le prix Gay en 1897.

M. **J. Tilho** fait hommage à l'Académie d'un Volume intitulé *Première Conférence Internationale pour la protection contre les Calamités naturelles*. Paris, 13-17 septembre 1937. Publié par la Commission française d'études des Calamités avec le concours de l'Union internationale de Secours, du Ministère de l'Éducation Nationale, du Ministère de l'Agriculture.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages M. **Maurice de Broglie** est élu Membre de la *Commission des Bibliothèques et Archives de l'Institut* en remplacement de M. *M. d'Ocagne* décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° M. Gorce et F. Bergounioux. *Science moderne et philosophie médiévale.* Préface de S. Charléty. Introduction de Jean Laporte.

2° The Institute of Radio Engineers. *Standards on Radio Receivers* 1938 et *Standards on Electronics* 1938.

TOPOLOGIE. — *Quelques propriétés caractéristiques des espaces euclidiens.* Note de M. **Stanislaw Mazur**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans la Note présente nous exposons quelques propriétés caractéristiques des *espaces euclidiens* $\mathcal{E}_\alpha$, considérés comme espaces du type $(\mathcal{B})$, c'est-à-dire linéaires, normés et complets. Nous entendrons par $\mathcal{E}_\alpha$, où α est un nombre cardinal quelconque, l'ensemble de toutes les suites $X=(\xi_\nu)_{\nu<\nu_\alpha}$ de nombres réels, telles que la somme $\sum\limits_{\nu<\nu_\alpha}\xi_\nu^2$ est finie, ν_α désignant le plus petit nombre ordinal de puissance α; cet ensemble constitue un espace du type $(\mathcal{B})$, les opérations étant définies comme d'habitude et la norme $|X|=\left(\sum\limits_{\nu<\nu_\alpha}\xi_\nu^2\right)^{1/2}$ [1]. D'après M. W. Sierpiński nous appelons un espace métrique $\mathcal{E}$ homogène d'ordre α, s'il satisfait à la condition suivante :

---

[1] H. Löwig, *Acta Litt. Sc. Szeged*, 7, 1934, p. 1-33.

quelle que soit la transformation isométrique $f(x)$ d'un ensemble $\mathfrak{A} \subset \mathcal{E}$ de puissance $\leqq \alpha$ en une partie de $\mathcal{E}$, il existe une transformation isométrique $\mathcal{F}(x)$ de l'espace $\mathcal{E}$ en lui-même telle que $\mathcal{F}(x) = f(x)$ pour $X \in \mathfrak{A}$ ([2]). Nous rappelons que si $\mathcal{F}(x)$ est une transformation isométrique d'un espace linéaire normé en un autre, la transformation $\mathcal{F}(x) - \mathcal{F}(0)$ est linéaire ([3]). Chaque espace du type $(\mathcal{B})$ est évidemment homogène d'ordre 1 ; les espaces euclidiens sont homogènes d'ordre 2 et l'on a

Théorème I. — *Un espace du type* $(\mathcal{B})$, *homogène d'ordre* 2, *est isométrique avec un espace euclidien.*

$\mathcal{E}$ étant un espace métrique et $a \in \mathcal{E}$, chaque transformation isométrique $\mathcal{F}(x)$ de l'espace $\mathcal{E}$ en lui-même, telle que $\mathcal{F}(a) = a$, s'appelle une *rotation autour de a*. On voit facilement que : Pour qu'un espace du type $(\mathcal{B})$ soit homogène d'ordre 2, il faut et il suffit qu'il existe pour tout couple d'éléments a, b de norme 1 une rotation $\mathcal{F}(x)$ autour de 0, telle que $\mathcal{F}(a) = b$, $\mathcal{F}(b) = a$; on peut démontrer le

Théorème II. — *Si pour tout couple d'éléments a, b de norme* 1 *d'un espace $\mathcal{E}$ du type $(\mathcal{B})$ à un nombre fini de dimensions il existe une rotation autour de* 0 *transformant a en b, alors $\mathcal{E}$ est isométrique avec un espace euclidien.*

On ne sait pas si ce théorème est vrai dans le cas d'un espace du type $(\mathcal{B})$ à une infinité de dimensions. La démonstration découle du lemme suivant : Si une surface convexe fermée $\mathcal{S}$ dans un espace $\mathcal{E}_\alpha$, où α est fini, jouit de la propriété que pour tout couple de ses points a, b, il existe une affinité $\mathcal{F}(x)$ transformant la surface $\mathcal{S}$ en elle-même et a en b, alors $\mathcal{S}$ est un ellipsoïde ([4]).

Dans un espace du type $(\mathcal{B})$ deux ensembles linéaires de dimension 1 sont évidemment toujours isométriques; dans un espace euclidien deux ensembles linéaires quelconques de dimension 2 sont isométriques et on a le

Théorème III. — *Si, dans un espace $\mathcal{E}$ du type $(\mathcal{B})$ de dimension* 3 *au moins, tous les ensembles linéaires de dimension* 2 *sont isométriques entre eux, alors $\mathcal{E}$ est isométrique avec un espace euclidien.*

La démonstration s'appuie sur le lemme : Si une surface convexe fermée $\mathcal{S}$ dans un espace $\mathcal{E}_\alpha$, où $\alpha \geqq 3$ est fini, jouit de la propriété que

---

([2]) *C. R. Soc. Sci. Varsovie*, **28**, 1935, p. 17-20.

([3]) S. Mazur et S. Ulam, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 946-948.

([4]) H. Auerbach, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1367-1369.

toutes les sections par des plans de dimension 2 passant par un point fixe sont affines entre elles, alors $\mathcal{S}$ est un ellipsoïde ([5]). On ne sait pas si le théorème III et ce lemme restent vrais, lorsqu'on remplace les nombres 3 et 2 par $n+1$ et n, où $n \geq 3$. Le théorème III montre que si chaque ensemble linéaire de dimension 2 d'un espace $\mathcal{E}$ du type $(\mathcal{B})$ est isométrique avec l'espace $\mathcal{E}_2$, alors $\mathcal{E}$ est isométrique avec un espace euclidien; MM. P. Jordan et J. von Neumann ont obtenu ce résultat en admettant l'hypothèse supplémentaire que $\mathcal{E}$ est un espace séparable ([6]).

Dans un espace euclidien l'ensemble des points également éloignés de deux points fixes constitue une multiplicité linéaire, ce qui veut dire qu'on l'obtient par une translation d'un ensemble linéaire; réciproquement on a :

THÉORÈME IV. — *Si, dans un espace $\mathcal{E}$ du type $(\mathcal{B})$, l'ensemble des points également éloignés de deux points constitue toujours une multiplicité linéaire, alors $\mathcal{E}$ est isométrique avec un espace euclidien.*

Dans les espaces euclidiens la notion d'orthogonalité des droites peut être définie de manière à satisfaire aux deux conditions suivantes : 1° par un point p, non situé sur la droite $\mathfrak{D}$, passe une seule droite $\mathfrak{T}$ coupant la droite $\mathfrak{D}$ et orthogonale à $\mathfrak{D}$; 2° lorsque les côtés de l'angle droit d'un triangle rectangle sont égaux aux côtés de l'angle droit correspondants d'un autre triangle rectangle, alors les hypoténuses sont égales. On a :

THÉORÈME V. — *Si l'on peut définir dans un espace $\mathcal{E}$ du type $(\mathcal{B})$ une notion d'orthogonalité des droites satisfaisant aux conditions* 1° *et* 2°, *alors $\mathcal{E}$ est isométrique avec un espace euclidien.*

On a proposé différentes définitions de la notion d'orthogonalité des droites dans les espaces du type $(\mathcal{B})$; dans le cas des espaces euclidiens toutes ces définitions sont équivalentes entre elles. Une d'elles proposée par M. H. Müntz a été employée par M. G. Birkhoff pour caractériser les espaces euclidiens ([7]); une autre définition a été introduite par M. B. Roberts ([8]) : la droite $\mathfrak{T}$, ayant un point r commun avec la droite $\mathfrak{D}$, est orthogonale à $\mathfrak{D}$, si $|p-q| = |p-(2r-q)|$ pour $p \in \mathfrak{T}$, $q \in \mathfrak{D}$. On voit sans peine que par un point p, non situé sur la droite $\mathfrak{D}$, passe au plus une droite $\mathfrak{T}$ coupant la droite $\mathfrak{D}$ et orthogonale à $\mathfrak{D}$ dans le sens de Roberts; on peut démontrer :

THÉORÈME VI. — *Si un espace $\mathcal{E}$ du type $(\mathcal{B})$ jouit de la propriété que, étant*

([5]) H. AUERBACH, S. MAZUR et S. ULAM, *Monatsh. Math. Phys.*, 42, 1935, p. 45-48.

([6]) P. JORDAN and J. von NEUMANN, *Ann. of Math.*, 36, 1935, p. 719-723.

([7]) *Duke Math. J.*, 1, 1935, p. 169-172.

([8]) *Tohoku Math. J.*, 39, 1934, p. 42-59.

donnés une droite arbitraire $\mathcal{D}$ et un point arbitraire p non situé sur $\mathcal{D}$, il passe par p au moins une droite $\mathcal{T}$ coupant $\mathcal{D}$ et orthogonale à $\mathcal{D}$ dans le sens de Roberts, alors $\mathcal{E}$ est isométrique avec un espace euclidien.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une généralisation de l'inégalité de M. J. Hadamard entre les bornes supérieures des dérivées successives d'une fonction.* Note de M. **André Kolmogoroff**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit $f(x)$ une fonction n fois dérivable, définie sur tout l'axe réel, les bornes supérieures des n dérivées successives

$$M_0 = \sup|f(x)|, \quad M_1 = \sup|f'(x)|, \quad \ldots, \quad M_n = \sup|f^{(n)}(x)|$$

étant finies. Dans le cas $n=2$, l'inégalité, devenue classique, de M. J. Hadamard,

$$M_1^2 \leqq 2 M_0 M_2 \qquad (1)$$

épuise la question sur les relations qui existent entre les bornes M_0, M_1, ..., M_n : cette inégalité (1) constitue la condition nécessaire et suffisante pour l'existence d'une fonction $f(x)$ avec des bornes M_0, M_1 et M_2 données.

Le but de cette Note est d'indiquer une condition analogue, nécessaire et suffisante, pour l'existence d'une fonction $f(x)$ avec des bornes M_0, M_k, et M_n données ($0 < k < n$ étant arbitraires).

Dans tous les cas qui se présentent pour $n \leqq 4$, la condition nécessaire et suffisante cherchée a été donnée par G. Šilov sous la forme des inégalités [1]

$$k=1, n=3, \quad M_1^3 \leqq \frac{9}{8} M_0^2 M_3;$$

$$k=2, n=3, \quad M_2^3 \leqq 3 M_0 M_3^2;$$

$$k=1, n=4, \quad M_1^4 \leqq \frac{512}{375} M_0^3 M_4;$$

$$k=2, n=4, \quad M_2^2 \leqq \frac{6}{5} M_0 M_4;$$

$$k=3, n=4, \quad M_3^4 \leqq \frac{24}{5} M_0 M_4^3.$$

[1] *Recueil des travaux des étudiants de l'Université d'État à Moscou*, 1937, p. 17-27. On trouve aussi dans cet article de G. Šilov la solution du problème pour le cas $k=2$, $n=5$.

En examinant ces cas particuliers, G. Šilov a été amené à une hypothèse générale sur la nature des fonctions qui réalisent l'extremum de M_k pour les M_0 et $M_n (0 < k < n)$ données. J'ai réussi récemment à démontrer cette hypothèse de G. Šilov pour k et n quelconques, ce qui m'a conduit au résultat suivant [2] :

La condition nécessaire et suffisante pour l'existence d'une fonction $f(x)$ avec les bornes supérieures M_0, M_k et M_n données $(0 < k < n)$ s'exprime par l'inégalité

$$M_k \leqq C_{kn} M_0^{1-\frac{k}{n}} M_n^{\frac{k}{n}}, \tag{2}$$

où l'on a posé

$$C_{kn} = K_{n-k} : K_n^{1-\frac{k}{n}}, \tag{3}$$

$$K_i = \frac{4}{\pi}\left(1 - \frac{1}{2^{i+1}} + \frac{1}{3^{i+1}} - \frac{1}{4^{i+1}} + \ldots\right) \quad \textit{pour } i \textit{ pair},$$

$$K_i = \frac{4}{\pi}\left(1 + \frac{1}{2^{i+1}} + \frac{1}{3^{i+1}} + \frac{1}{4^{i+1}} + \ldots\right) \quad \textit{pour } i \textit{ impair}.$$

On prouve sans peine qu'on a toujours

$$1 < C_{kn} < \frac{\pi}{2}, \tag{4}$$

les limites 1 et $\pi/2$ ne pouvant pas être améliorées.

La démonstration complète de la proposition énoncée dans cette Note sera publiée dans un autre Recueil. On utilise pour cette démonstration le fait qu'on obtient l'égalité extrémale

$$M_k = C_{kn} M_0^{1-\frac{k}{n}} M_n^{\frac{k}{n}}$$

dans le cas de la fonction

$$f_n(x) = \frac{4}{\pi} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\sin\left(\overline{2m+1}\,x - \frac{\pi}{2} n\right)}{(2m+1)^{n+1}}.$$

---

(2) Nous précisons ainsi le résultat obtenu par M. A. Gorny, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1245-1247.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'inversion d'un procédé de sommabilité avec application.* Note de M. **Vojislav G. Avakumović**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $A(u)$ intégrable dans tout intervalle fini et tel que

(1) $$J(s) = \int_0^\infty e^{-su} A(u)\,du, \qquad s = \sigma + it$$

converge pour $\sigma > 0$.

Supposons en outre que pour un $c > 0$,

(2) $$e^{-ct^2} |J(s)| < M \qquad \text{pour} \qquad \sigma > 0.$$

Alors $\lim\limits_{\sigma=0} J(s) = Q(t)$ existe presque partout.

En multipliant les deux membres de (1) par $e^{iyt - t^2/4a^2}$, $a^2 < 1/4c$, puis, en intégrant par rapport à t de $-\infty$ à $+\infty$, on obtient, en faisant $\sigma \to 0$,

(3) $$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{iyt} e^{-\frac{t^2}{4a^2}} Q(t)\,dt = \sqrt{\pi}\, a \int_0^\infty e^{-a^2(u-y)^2} A(u)\,du,$$

l'échange de l'ordre des intégrations et le passage à la limite $\sigma \to 0$ étant permis d'après les hypothèses (1) et (2).

De la relation (3) on peut, par l'application des théorèmes de nature tauberienne, trouver comment se comporte asymptotiquement la fonction $A(u)$ pour $u \to \infty$, sachant la manière dont se comporte l'intégrale de Fourier dans (3) lorsque $y \to \infty$.

Dans ce but il suffit d'utiliser le théorème suivant que je démontre ailleurs :

Théorème I. — *Soit, pour* $t > 0$,

$$\varphi(t) = e^{\alpha t}\, l(t) > 0 \qquad (\alpha \text{ réel}),$$

avec

$$\lim_{t=\infty} \frac{l(t+h)}{l(t)} = 1, \qquad \text{pour tout } h > 0.$$

De

(4) $$B(u) \sim \varphi(u) \qquad (u \to \infty)$$

il résulte

(5) $$a \int_0^\infty e^{-a^2(u-y)^2} B(u)\,du \sim \sqrt{\pi}\, e^{\left(\frac{\alpha}{2a}\right)^2} \varphi(y) \qquad (y \to \infty),$$

pour tout $a > 0$.

Inversement, de (5) *pour un* $a > 0$, *résulte* (4) *lorsque*

$$(6)\quad \liminf_{u=\infty} \min_{u \leq u' \leq u+\varepsilon} \frac{\rho(u')\,B(u') - \rho(u)\,B(u)}{\rho(u)\,\varphi(u)} = -w(\varepsilon) \to 0 \qquad (0 < \varepsilon \to 0),$$

où $\rho(t)$ *est une fonction quelconque* > 0, *satisfaisant à la condition*

$$\limsup_{t=\infty} \left| \frac{\rho(t+h)}{\rho(t)} - 1 \right| = \delta(h) \to 0 \qquad (0 < h \to 0).$$

Ainsi, en posant dans l'intégrale $J(s)$,

$$A(u) = B(u) - \varphi(u),$$

puis en supposant que

$$(7)\qquad \int_{-\infty}^{+\infty} e^{iyt}\, e^{-\frac{t^2}{4a^2}}\, Q(t)\, dt = \sigma\{\varphi(y)\} \qquad (y \to \infty),$$

on obtient, par application du théorème I à la relation (3), le théorème suivant :

Théorème II. — *Lorsque la différence*

$$J(s) = \int_0^{\infty} e^{-su} B(u)\, du - \int_0^{\infty} e^{-su} \varphi(u)\, du$$

satisfait aux conditions (1), (2) *et* (7) *et les fonctions* $\varphi(u)$ $(\alpha \leq 0)$ *et* $\rho(u)$ *aux conditions du théorème I, alors*

$$B(u) \sim \varphi(u) \qquad (u \to \infty),$$

lorsque $B(u)$ *satisfait à la condition* (6).

Ce théorème généralise dans certaine direction ceux de divers auteurs(¹).

La principale généralisation réside dans le fait que la convergence de $B(u)$ est remplacée par une relation asymptotique dans laquelle $B(u)$ peut tendre vers 0 ou ∞, même comme une exponentielle ou presque. Il est vrai que, par rapport aux théorèmes cités, le théorème II présente la restriction que $J(s)$ ne peut croître plus vite que e^{ct^2}, dans la direction de l'axe imaginaire. Cette restriction semble en effet superflue car, en restreignant un peu la rapidité de croissance de $\varphi(u)$, on peut établir des théorèmes

(¹) E. Landau, *Monatsheft f. Math. u. Phys.*, 18, 1907, p. 8-28; G. H. Hardy-J. E. Littlewood, *Acta mat.*, 41, 1918, p. 119-196; S. Ikehara, *Journ. of Math. and Phys. Mass. Inst.*, 10, 1931, p. 1-12; N. Wiener, *Ann. of Math.*, 33, 1932, p. 1-100; H. Heilbronn-E. Landau, *Math. Zeit.*, 37, 1933, p. 10-16; J. Karamata, *Math. Zeit.*, 38, 1934, p. 702-708 et A. E. Ingham, *Proc. Lond. Math. Soc.*, 38, 1935, p. 458-480.

analogues à celui de Heilbronn-Landau. Dans ce cas, toutefois, au lieu de ramener ce théorème à l'inversion d'un procédé de sommabilité de forme (5) avec le noyau $e^{-a^2(u-y)^2}$, on est obligé d'utiliser un noyau analogue à celui de Wiener et qui est de la forme $\left\{\frac{\sin\lambda(u-y)}{\lambda(u-y)}\right\}^{2n}$.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Ensembles indépendants et mesures non séparables.* Note [1] de M. **Edward Szpilrajn**, présentée par M. Paul Montel.

Préliminaires. — 1. Une classe **M** de sous-ensembles d'un ensemble donné X s'appelle *corps* [$\aleph_0$-*corps*] d'ensembles lorsque $X - M_1 \varepsilon \mathbf{M}$ et $M_1 + M_2 + \ldots + \varepsilon \mathbf{M}$ pour chaque suite finie [infinie] $\{M_n\}$ d'ensembles appartenant à **M**. Le plus petit corps [$\aleph_0$-corps] contenant une classe donnée **K** est désigné par $\mathbf{K}_0$ [par $\mathbf{K}_b$].

2. Une fonction d'ensemble, $\mu(M)$, non négative, définie sur le corps [$\aleph_0$-corps] **M**, s'appelle *quasi-mesure* [*mesure*] sur **M** lorsque : 1° $\mu(X) = 1$; 2° $\mu(M_1 + M_2 + \ldots) = \mu(M_1) + \mu(M_2) + \ldots$ pour chaque suite finie [infinie] d'ensembles disjoints appartenant à **M**.

3. μ étant une quasi-mesure sur **M**, le nombre

$$\rho(M_1, M_2) = \mu[(M_1 - M_2) + (M_2 - M_1)],$$

où $M_1, M_2 \varepsilon \mathbf{M}$, est considéré, comme *distance* entre M_1 et M_2; soit $\mathfrak{M}(\mu)$ l'espace métrique ainsi obtenu. La fonction μ sera dite *séparable* si l'espace $\mathfrak{M}(\mu)$ l'est. M. O. Nikodym a établi récemment l'existence des mesures non séparables [2].

4. μ étant une quasi-mesure sur **M**, les ensembles d'une sous-classe **K** de **M** sont dits *stochastiquement* μ-*indépendants* lorsque

$$\mu(K_1 \cdot K_2 \cdot \ldots K_n) = \mu(K_1) \cdot \mu(K_2) \cdot \ldots \mu(K_n)$$

pour chaque suite finie d'ensembles distincts appartenant à **K**. Il est clair que la μ-indépendance stochastique des ensembles équivaut à l'indépendance (par rapport à μ) au sens de Kolmogoroff-Steinhaus [3] de leurs

---

[1] Séance du 17 septembre 1938.

[2] *Mémoires Acad. Roy. de Belgique*, 2e série, 17, n° 8, 1938, p. 1-29. Les idées principales de la démonstration de M. Nikodym sont utilisées dans la Note présente.

[3] Voir M. Kac, *Studia Math.*, 6, 1936, p. 47, définition 2.

fonctions caractéristiques (entendues au sens bien connu de de la Vallée-Poussin).

5. Les ensembles d'une classe **K** de sous-ensembles de X sont dits *indépendants* ([4]) [$\aleph_0$-*indépendants*] lorsque

$$\prod_n K_n \prod_n (X - L_n) \neq 0$$

pour chaque couple $\{K_n\}$, $\{L_n\}$ de suites finies [finies ou infinies] d'ensembles distincts appartenant à **K**.

Pour chaque nombre cardinal $\mathfrak{n}$, il existe une classe de puissance $\mathfrak{n}$ d'ensembles $\aleph_0$-indépendants; en particulier, il existe une classe de puissance $2^{\mathfrak{c}}$ d'ensembles $\aleph_0$-indépendants, à savoir même dans l'ensemble de puissance $\mathfrak{c}$ ($\mathfrak{c}$ désignant la puissance du continu) ([5]).

THÉORÈMES ([6]). — I [et II]. *Soient* **K** *une classe d'ensembles indépendants* [$\aleph_0$-*indépendants*] *et* $\nu(K)$ *une fonction telle que* $0 \leqq \nu(K) \leqq 1$, *définie pour* $K \varepsilon \mathbf{K}$. *Il existe alors une quasi-mesure* [*une mesure*] μ *sur* $\mathbf{K}_0$ [*sur* $\mathbf{K}_b$] *telle que* $\mu(K) = \nu(K)$ *pour* $K \varepsilon \mathbf{K}$ *et que les ensembles de la classe* **K** *sont stochastiquement* μ-*indépendants* ([7]).

Réciproquement, on montre facilement que

III [et IV]. *Chaque fonction d'ensemble* $\nu(K)$ *telle que* $0 \leqq \nu(K) \leqq 1$, *définie pour* $K \varepsilon \mathbf{K}$, *étant prolongeable sur la classe* $\mathbf{K}_0$ [*la classe* $\mathbf{K}_b$] *de manière qu'elle devienne une quasi-mesure* [*une mesure*], *les ensembles de la classe* **K** *sont indépendants* [$\aleph_0$-*indépendants*].

Soit à présent $\mathcal{I}$ le segment $0, 1$. Soient $\mathcal{F}$ l'espace des suites infinies de nombres $x \varepsilon \mathcal{I}$ et Z_t (pour $t \varepsilon \mathcal{I}$) l'ensemble des suites appartenant à $\mathcal{F}$ et contenant t comme terme. Les ensembles Z_t sont des F_σ dans $\mathcal{F}$ et forment une classe d'ensembles $\aleph_0$-indépendants. Il existe, comme on sait, une fonction biunivoque de classe 1 qui transforme $\mathcal{I}$ en $\mathcal{F}$ ([8]). Par conséquent :

V. *Il existe une classe* **T** *de puissance* $\mathfrak{c}$ *de sous-ensembles boreliens de* $\mathcal{I}$, $\aleph_0$-*indépendants*.

([4]) G. FICHTENHOLZ et L. KANTOROVITCH, *Studia Math.*, 5, 1934, p. 78.

([5]) A. TARSKI, *Fund. Math.*, 32 (sous presse); cf. les résultats plus faibles dans A. TARSKI, *Fund. Math.*, 16, 1930, Lemme 58, p. 259 et F. HAUSDORFF, *Studia Math.*, 6, 1936, p. 18.

([6]) Les démonstrations sont dans un Mémoire sous presse de *Fund. Math.*

([7]) Une partie du théorème I est contenue implicitement dans le Mémoire cité de MM. Fichtenholz et Kantorovitch, p. 78, Lemme I et p. 72, renvoi 8.

([8]) Cf. par exemple C. KURATOWSKI, *Topologie*, I, p. 226.

En vertu de II et V :

VI. *Il existe une classe* **T** *de puissance* $\mathfrak{c}$ *de sous-ensembles boreliens de* $\mathcal{J}$ *et une mesure* μ *sur* $\mathbf{T}_b$, *telle que* $\mu(\mathrm{T}) = 1/2$ *pour* $\mathrm{T} \varepsilon \mathbf{T}$ *et que les ensembles appartenant à la classe* **T** *sont stochastiquement* μ*-indépendants.*

On voit aisément que, dans l'espace $\mathfrak{M}(\mu)$, la distance de chaque couple d'ensembles de mesure $1/2$ stochastiquement μ-indépendants est égale à $1/2$; donc en vertu de VI :

VII. *Il existe une mesure* μ *non séparable sur un* $\aleph_0$*-corps de sous-ensembles boreliens de* $\mathcal{J}$. (*L'espace* $\mathfrak{M}(\mu)$ *contient notamment une classe* **T** *de puissance* $\mathfrak{c}$ *d'éléments dont les distances mutuelles sont égales à* $1/2$.)

En vertu de 5, on peut remplacer le nombre $\mathfrak{c}$ dans les théorèmes VI et VII; 1° par *le nombre* $2^{\mathfrak{c}}$ pourvu qu'on admette dans **T** des sous-ensembles arbitraires (non nécessairement boreliens) de $\mathcal{J}$; 2° par *un* $\mathfrak{n}$ *cardinal quelconque*, pourvu qu'on admette comme **T** une classe de sous-ensembles d'un ensemble arbitraire (non nécessairement d'un ensemble de puissance $\mathfrak{c}$) [9].

On montre facilement que chaque mesure μ sur la classe de tous les sous-ensembles boreliens de $\mathcal{J}$ est séparable. Il en résulte, en vertu de VII, que :

VIII. *Il existe un* $\aleph_0$*-corps* **K** *de sous-ensembles boreliens de* $\mathcal{J}$ *et une mesure* μ *sur* **K** *non prolongeable à une mesure sur la classe de tous les sous-ensembles boreliens dans* $\mathcal{J}$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la stabilité des files de tourbillons.* Note[1] de M. **Godefroy**, présentée par M. Henri Villat.

Nous considérons dans cette Note un fluide parfait incompressible en mouvement plan et deux files de tourbillons ponctuels T_k et T'_k. A l'instant $t = 0$ les tourbillons T_k d'intensité $+\mathrm{I}$ sont situés aux points d'affixes $\mathrm{Z}_k = kl$, les tourbillons T'_k d'intensité $-\mathrm{I}$ aux points d'affixes $\mathrm{X}_k = (k + \omega)l$. k est un nombre entier et ω un nombre complexe $\omega_1 + i\omega_2$. Le cas où $\omega_1 = 1/2$ est celui des tourbillons Bénard-Karman.

Pour chaque valeur de ω la configuration ainsi constituée est en équilibre relativement à un système de référence animé d'un mouvement

---

(9) Le théorème VII et la remarque 2° répondent aux problèmes posés dans le Mémoire cité de M. Nikodym, p. 28.

(1) Séance du 24 octobre 1938.

convenable de translation uniforme. Pour l'étude de la stabilité on pose ([2])

$$Z_k = (k + \zeta_k + at)l, \qquad X_k = (k + \xi_k + \omega + at)l,$$

puis on forme avec les ζ, les ξ et leurs conjuguées ζ^* et ξ^* un système S d'équations différentielles qui définit la vitesse de chaque tourbillon en fonction des positions de tous les autres ([2]).

L'ensemble de ces équations n'est pas borné, mais l'étude de configurations analogues sur une surface cylindrique nous a conduit à imaginer une suite de systèmes S_n à un nombre fini de variables comprenant le système S comme cas limite.

Dans le système S_n les déplacements ζ et ξ sont liés par

$$\xi_{n+k} = \xi_k, \qquad \zeta_{n+k} = \zeta_k,$$

où n est entier. S_n comprend $4n$ équations à $4n$ variables indépendantes qui peuvent être les ζ_k, ξ_k, ζ_k^* et ξ_k^*.

Ce procédé de simplification a d'ailleurs été signalé par M. Durand ([3]), dans une étude directe du système S, et utilisé par lui dans le cas où $n = 2$.

Envisageant le cas général, nous avons linéarisé les équations S_n et constaté que le changement de variables

$$(1) \qquad \left\{ \begin{aligned} \theta_\gamma &= \sum_{k=1}^{k=n} r_\gamma^k \zeta_k, & \theta'_\gamma &= \sum_{k=1}^{k=n} r_\gamma^k \zeta_k^*, \\ \eta_\gamma &= \sum_{k=1}^{k=n} r_\gamma^k \xi_k, & \eta'_\gamma &= \sum_{k=1}^{k=n} r_\gamma^k \xi_k^*, \end{aligned} \right.$$

où

$$r_\gamma = \cos 2\gamma \frac{\pi}{n} + i \sin 2\gamma \frac{\pi}{n}$$

permet de décomposer le système différentiel S_n ainsi obtenu en n systèmes de quatre équations chacun; ils se présentent sous la forme

$$(e_\gamma) \qquad \left\{ \begin{aligned} Ai\frac{d}{dt}\theta'_\gamma &= A_\gamma \theta_\gamma - C_\gamma \eta_\gamma, & Ai\frac{d}{dt}\theta_\gamma &= -A_\gamma^* \theta_\gamma + B_\gamma^* \eta'_\gamma, \\ Ai\frac{d}{dt}\eta'_\gamma &= B_\gamma \theta_\gamma - A_\gamma \eta_\gamma, & Ai\frac{d}{dt}\eta_\gamma &= -C_\gamma^* \theta'_\gamma + A_\gamma^* \eta'_\gamma. \end{aligned} \right.$$

où les coefficients ne dépendent que de ω et γ.

([2]) Cf. H. Villat, *Théorie des tourbillons*, Paris.

([3]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 382; G. Durand (Collection des publications scientifiques de l'*Institut de Mécanique*, Ministère de l'Air, n° 35).

Dans le cas où $n = 2p$ (p entier) nous avons démontré que les solutions du système e_p ne sont bornées que si ω_1 et ω_2 satisfont à la condition

$$\sin^2 \omega_1 \pi = \mathrm{sh}^2 \omega_2 \pi.$$

Si $\omega_1 = 1/2$ (cas des tourbillons alternés), cette relation se réduit à la condition classique $\mathrm{ch}\, \pi\omega_2 = \sqrt{2}$, suffisante d'ailleurs pour que les solutions des systèmes $e_1, e_2, \ldots, e_{n-1}$ restent bornées. Par contre, on a

$$A_n = A_n^\star = B_n = C_n$$

et l'intégrale de e_n est de la forme

$$(2) \quad \mathrm{A}i\theta_n = -\mathrm{A}_n(\theta_{n,0}^\star - \eta_{n,0}^\star)t + \mathrm{A}i\theta_{n,0}^\star \qquad \text{et} \qquad \mathrm{A}i\eta_n = -\mathrm{A}_n(\theta_{n,0}^\star - \eta_{n,0}^\star)t + \mathrm{A}i\eta_{n,0}^\star$$

On serait tenté de conclure qu'une rue de tourbillons alternés est toujours instable. Mais nous avons démontré qu'en exprimant à l'aide de (1) les ζ et les ξ en fonction des θ et des η, on obtient partout pour θ_n et η_n le même coefficient. On voit ainsi, compte tenu de (2), que la différence de deux quelconques des variables ζ et ξ, reste bornée. De plus, il est possible d'associer à chaque position initiale voisine de l'état d'équilibre un système de référence animé d'une translation uniforme, dépendant d'ailleurs des perturbations initiales, tel que le mouvement des tourbillons se réduise à de petites oscillations lorsque $\mathrm{ch}\, \pi\omega_2 = \sqrt{2}$, si bien que, dans son ensemble, la configuration initiale est très peu déformée.

Ces résultats ayant été obtenus à partir du système linéaire e, on peut se demander ce qui subsisterait si l'on considérait les systèmes non linéaires S_n à un nombre fini puis à un nombre infini de variables.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur un appareil permettant de déterminer le module et la direction de la vitesse dans un fluide.* Note [1] de MM. **J. Kampé de Fériet**, **A. Martinot-Lagarde** et **G. Rollin**, présentée par M. Émile-Georges Barrillon.

L'appareil que nous avons réalisé, ou anémoclinomètre, permet de déterminer la pression p et les trois composantes u, v, w de la vitesse V en un point d'un fluide. Analogue à la sphère à cinq trous de van Der Hegge

(1) Séance du 24 octobre 1938.

Zijnen ([2]), il en diffère essentiellement en ce qu'il ne nécessite pas de manœuvre de la sonde pendant les mesures.

La sonde est une sphère percée de cinq prises de pression R, B, H, G, D. La prise R est formée par un grand nombre de petits trous uniformément répartis. Les prises G, D, H et B sont formées chacune par un trou, dont le rayon vecteur fait un angle de 45° avec un diamètre Ox de la sphère; les plans $GDOx$ et $BHOx$ sont rectangulaires. Une sixième prise de pression A est un tube de Pitot (à pression totale) placé au col d'un tube de Venturi d'axe Ox ([3]).

La pression p_A est inférieure à la pression totale P de moins du centième de la pression dynamique $\rho V^2/2$, jusqu'à un angle d'écart de 60° entre la vitesse du fluide et Ox, au lieu de 45° pour le dispositif initialement proposé ([3]), analogue à celui de Peters ([4]). La pression p_R, par définition indépendante de la direction de la vitesse si la sonde était une sphère sans venturi et sans support, vaut en réalité $p_A - a\rho V^2/2$, a étant égal à 1,40 à ± 2 pour 100 près jusqu'à un angle d'écart de 55°.

Soient i et j les angles que font avec Ox les projections de la vitesse sur les plans BOH et GOD. Les rapports

$$I = (p_B - p_H):(p_A - p_R)$$

et

$$J = (p_G - p_D):(p_A - p_R)$$

sont sensiblement fonction de i et j seuls; un abaque donne i et j, quand on connaît I et J. A 1,5 pour 100 près; jusqu'à un angle d'écart de 35°, on peut utiliser les formules simples

$$\tang i = \alpha I, \qquad \tang j = \alpha J, \qquad \alpha = \frac{c}{1+\sqrt{1-c^2(I^2+J^2)}},$$

conséquences du fait que la pression à l'amont d'une sphère, à la distance angulaire θ du point de repos amont, est sensiblement

$$p_\theta = P - b\frac{\rho V^2}{2}\sin^2\theta;$$

$b = a/c = 2,0$ lorsque le nombre de Reynolds VD/ν est compris entre 1000 et 200000 environ.

([2]) *Proc. Roy. Acad. Amsterdam*, 5e série, 32, 1929, p. 658-663.

([3]) A. Martinot-Lagarde, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 338.

([4]) *Handbuch der Experimentalphysik*, IV, 1, p. 499, Leipzig, 1931.

Pour mesurer $p_A - p_R$, $p_B - p_H$, $p_G - p_D$, nous avons réalisé un manomètre différentiel triple à capsules métalliques et à enregistrement optique, adapté à notre sonde pour son montage sur un avion.

Les pièces mobiles sont compensées par un rapport aux accélérations, l'encombrement est réduit à $18 \times 20 \times 50^{cm}$, le poids à $12^{kg},5$. Le déroulement de la bande dure 1 heure, à la vitesse de 3 mm/sec. La fidélité est de 1/100ᵉ; à cette précision, le temps de réponse τ est de $0^s,05$; les cotes des canalisations et les diamètres des orifices ont été choisis de façon que le temps de réponse de l'ensemble de l'appareil ne soit pas sensiblement supérieur à celui du manomètre seul.

Sachant que la traînée d'une sphère dépend du diamètre de la soufflerie où on l'étudie, tant que ce diamètre est inférieur à 10 fois le diamètre D de la sphère, nous admettrons inversement que les indications de notre anémoclinomètre caractérisent la vitesse dans une particule d'air de diamètre environ 10 D, soit 800^{mm}, et par suite qu'il analyse les mouvements de l'air avec la même finesse dans l'espace et dans le temps, lorsqu'il est placé dans un courant de vitesse moyenne de l'ordre de $10\,D/\tau$, soit 16 m/sec.

Notre anémoclinomètre est applicable chaque fois qu'un mouvement non permanent de fluide est à étudier, et qu'on est assuré que le vecteur vitesse ne s'écarte pas d'une direction donnée de plus de 35°, par exemple en aérodynamique expérimentale pour étudier la turbulence d'une soufflerie, en météorologie pour caractériser la turbulence de l'atmosphère, en navigation aérienne pour contrôler les qualités d'un pilote, comparer les caractéristiques des avions en vol et celles de leurs maquettes en soufflerie.

Lorsque l'angle i est petit, $p_B - p_H$ est proportionnelle à iV^2; donc, placée en avant d'une aile d'avion et convenablement orientée, la sonde donne, à un facteur constant près, la portance subie par l'aile, tant que la portance croît linéairement avec l'angle d'incidence.

A la précision indiquée plus haut, les trois différences de pressions mesurées valent

$$p_A - p_R = \frac{1}{2} a\rho(u^2 + v^2 + w^2),$$

$$p_B - p_H = b\rho u w, \qquad p_G - p_D = b\rho u v;$$

elles fournissent donc les produits $\overline{uv}$ et $\overline{uw}$ (et de plus $\overline{u^2}$, si l'on peut négliger $v^2 + w^2$ devant v^2) qui apparaissent dans les équations de Reynolds du mouvement turbulent.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *L'équilibre statistique des amas d'étoiles à trois axes inégaux.* Note de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Jean Chazy.

1. J'utilise les mêmes notations que dans une Note récente (¹) et je réduis le potentiel de la galaxie à ses trois premiers termes

$$U_1 = -\frac{1}{2}n^2[(\xi + R_0)^2 + \eta^2] - \frac{1}{2}\alpha\zeta^2 - \frac{1}{2}\alpha'\eta^2.$$

Je cherche à quelles conditions un amas stellaire de centre C, de demi-axes a, b, c, et contenant N étoiles, peut être en équilibre statistique, c'est-à-dire en tenant compte des passages mutuels des étoiles de l'amas; le potentiel U_2 adopté pour cet amas est celui d'un ellipsoïde homogène

$$U_2 = \frac{1}{2}\beta_0 - \frac{1}{2}\beta_1\xi^2 - \frac{1}{2}\beta_2\eta^2 - \frac{1}{2}\beta_3\zeta^2,$$

où les β_i sont des constantes classiques.

L'énergie H d'un mobile dans ce champ est donnée par

$$2H = v^2 + (\alpha + \beta_1)\xi^2 + \beta_2\eta^2 + (\alpha' + \beta_3)\zeta^2 - \beta_0.$$

Pour que l'amas soit en équilibre statistique il faut que la loi de distribution de ξ, η, ζ, p_ξ, p_η, p_ζ soit la loi de Maxwell

$$(1) \qquad Ce^{-\theta h H},$$

où C et h sont deux constantes et $\theta = 5/2$.

La densité de cet amas doit donc être de la forme

$$C' e^{-\theta\frac{h}{2}[(\alpha+\beta_1)\xi^2+\beta_2\eta^2+(\alpha'+\beta_3)\zeta^2]}.$$

Identifions l'ellipsoïde

$$(\alpha + \beta_1)\xi^2 + \beta_2\eta^2 + (\alpha' + \beta_3)\zeta^2 = \frac{2}{h}$$

avec celui qui définit l'amas; on obtient les conditions d'équilibre

$$(2) \qquad a^2(\alpha + \beta_1) = b^2\beta_2 = c^2(\alpha' + \beta_3).$$

2. Je suppose

$$\alpha < 0, \qquad \alpha' > 0.$$

(¹) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1618.

Il résulte du système (1) que

$$a > b > c.$$

Posons

$$s = \frac{b^2}{a^2}, \qquad t = \frac{b^2}{c^2}.$$

Le système (2) s'écrit

$$(3) \qquad -\frac{\alpha}{\pi f \rho} = \varphi(s, t), \qquad \frac{\alpha'}{\pi f \rho} = \psi(s, t),$$

où ρ est la densité de l'amas, f la constante de la gravitation et

$$\varphi(s, t) = 2s(1 - s)\int_0^{+\infty} \frac{x(1 + tx)}{\Delta^3}\,dx, \qquad \psi(s, t) = 2t(t - 1)\int_0^{+\infty} \frac{x(1 + sx)}{\Delta^3}\,dx$$

avec

$$\Delta^2 = (1 + x)(1 + sx)(1 + tx).$$

Les rapports s et t des axes sont donc liés par la relation

$$\Phi(s, t) \equiv \psi(s, t) - \lambda\,\varphi(s, t) = 0,$$

où

$$\lambda = \frac{\alpha'}{-\alpha} > 0.$$

On établit sans peine que

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} > 0, \qquad \Phi(s, 1) < 0, \qquad \Phi(s, +\infty) > 0.$$

Il en résulte qu'à une valeur de s correspond une valeur de t et une seule.

En calculant des valeurs de Φ au moyen des tables d'intégrales elliptiques, j'ai dressé des tables numériques donnant $t(s)$ pour diverses valeurs de λ et en particulier pour $\lambda = 2,897$ qui correspond au voisinage du Soleil. Dans ce cas b/c est égal à 1 pour $b/a = 0$ et $b/a = 1$ et a un maximum égal à 1,375 pour $b/a = 0,582$.

3. Le système (3) donne ρ en fonction de s; en identifiant cette valeur à

$$\rho = \frac{3\,\mathrm{N}}{4\pi abc},$$

on obtient

$$a = \mathrm{N}^{\frac{1}{3}} a'(s), \qquad b = \mathrm{N}^{\frac{1}{3}} b'(s), \qquad c = \mathrm{N}^{\frac{1}{3}} c'(s),$$

où a', b', c' ne dépendent que de s, α et α'. J'ai dressé des tables numériques de ces fonctions.

4. De l'expression (1) de la loi de distribution des coordonnées d'espace et de vitesse on déduit la dispersion des vitesses résiduelles dans l'amas

$$\sigma = N^{\frac{1}{3}}\sigma'(s),$$

où σ' ne dépend que de s, α et α'.

5. La théorie précédente généralise celles que j'avais établies [2] lorsqu'on néglige α ou α', elle se vérifie également sur les amas galactiques. J'ai utilisé pour cela le Catalogue d'amas des Shapley [3]; pour ces amas on a $0,3 < b/a < 0,95$.

Or, pour les valeurs précédentes de b/a et de N, la théorie donne

$$\bar{b} = 2,4 \text{ parsec.},$$

valeur voisine de la valeur observée. De même la théorie donne dans ce cas

$$\bar{\sigma} = 0,15 \text{ kmsec}^{-1},$$

valeur que confirment les dernières mesures de Hertzsprung sur les Pléiades.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Nouvelles observations sur l'augmentation de la viscosité dans une huile minérale reposée.* Note [1] de M. **André Marcelin**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait que l'onctuosité des lubrifiants est attribuée à la présence dans le liquide de molécules actives (fonctions oxygénées, liaisons multiples, etc.) qui, sélectivement, viennent tapisser les surfaces métalliques sur lesquelles elles forment des couches de molécules dressées et jointives, simples [2], ou multiples [3]. Les expériences que j'ai décrites précédemment [4] m'ont conduit à penser qu'à partir de la surface, dans une huile minérale reposée, poussent des files de molécules que j'ai comparées aux épis d'un champ de blé; les phénomènes de polarisation qui déterminent l'onctuosité, qualité

(2) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1620 et **205**, 1937, p. 1213.
(3) Shapley, *Star Clusters, Harvard Observatory*, Monographs n° 2, 1932, p. 67.

(1) Séance du 4 juillet 1938.
(2) Woog, *Contribution à l'étude du graissage*. Paris, 1926.
(3) Trillat, *Cours* (Conférences **239**, Maison de la Chimie).
(4) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 616.

superficielle, seraient donc susceptibles de se manifester profondément au sein de certains liquides.

Nous connaissons déjà des cas où la matière, bien que fluide, se présente en couches monomoléculaires multiples superposées ([5]); rien ne s'oppose à ce que la polarité des molécules puisse déterminer également la formation d'associations filiformes, et les observations nouvelles que je rapporte ici sont en faveur de cette hypothèse; d'une façon générale, les associations de molécules orientées, en strates ou en files, dans la phase liquide, peuvent être considérées comme des formes de la cristallisation liquide ([6]).

Le nouveau dispositif expérimental que j'ai utilisé diffère notablement de celui que j'ai déjà décrit : la bille est complètement immergée dans l'huile; elle roule sur un plan incliné qui forme le fond de la cuve; celle-ci est en laiton et mesure 21^{cm} de longueur, $3^{cm},5$ de largeur et 3^{cm} de profondeur; elle est montée sur un trépied à vis calantes et niveau, par l'intermédiaire d'une charnière, autour de laquelle s'articule une de ses extrémités, et d'une vis à bouton moletté qui soulève son autre extrémité. Le plan de roulement est constitué par une plaque métallique qu'on dépose dans le fond de la cuve; plusieurs plaques interchangeables, faites de métaux différents, sont prévues.

L'appareil comporte, en haut de la pente, une butée, qui permet de préciser la position initiale de la bille et l'instant du départ, et en bas de la pente, un petit basculeur solidaire d'un index, dont la position d'équilibre détermine la position finale de la bille, et qui s'ébranle à l'instant de l'arrivée. On chronométrait la durée du parcours.

Dans les conditions de mes expériences, il s'agissait d'une huile minérale raffinée (mélange de carbures d'hydrogène); la bille d'acier mesurait 15^{mm} de diamètre et roulait sur un plan d'aluminium incliné à 6 pour 100; j'ai constaté que la durée du parcours était de 47 secondes aussitôt après que la cuve avait était remplie d'huile; elle passait à 60 secondes après 12 heures de repos, soit 22 pour 100 d'augmentation, et diminuait légèrement, à 56 secondes, après essuyage de la bille.

En me plaçant pour observer la descente, non pas latéralement, mais dans l'axe de la cuve, j'ai constaté que la bille ne descendait pas en droite ligne suivant la ligne de plus grande pente, mais au contraire, qu'elle s'écartait, tantôt à gauche, tantôt à droite, qu'elle avançait en zigzaguant,

---

([5]) J. Perrin, *Ann. de Physique*, 9e série, **10**, 1918, p. 160.
([6]) Mauguin, *Bull. Soc. Min.*, 34, 1911, p. 71.

hésitait, et même parfois qu'elle s'arrêtait, puis repartait, absolument comme si elle avait rencontré des obstacles, invisibles pour nous, qui l'auraient arrêtée ou qu'elle aurait contournés; sa marche discontinue rappelait celle d'une bille qui, dans certains jeux de hasard, roule sur un plan incliné en traversant une forêt de clous.

En répétant plusieurs fois l'expérience, de deux en deux minutes, j'ai toujours retrouvé la même durée de descente; cela n'est pas en contradiction avec mes précédentes expériences et s'explique facilement, puisque la bille contournait les obstacles sans les briser et ne repassait pas exactement par le même chemin d'une expérience à l'autre.

On peut en conclure que les *épis* qui ont poussé sur les surfaces ont grandi, et que quelques-uns d'entre eux mesurent certainement plusieurs millimètres de hauteur.

RADIATIONS. — *Sur un mode d'emploi des numérateurs ordinaires pour compter des phénomènes à succession rapide.* Note [1] de MM. **Bernard Kwal** et **Marc Lesage**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Dans l'étude des phénomènes se succédant à un rythme rapide, on est souvent gêné par l'inertie mécanique ou électrique des appareils de mesure. Ainsi, dans le comptage des impulsions, provoquées par des agents ionisants dans les tubes-compteurs du type Geiger-Müller, est-on limité par le temps mort du numérateur mécanique. Pour remédier à cet inconvénient, des dispositifs ingénieux ont été réalisés, notamment ceux de C. E. Wynn-Williams [2], H. Alfvén et P. Ohlin [3], L. Kowarski et S. Winter [4] etc. Tous ces dispositifs sont relativement compliqués. Nous allons décrire une méthode très simple que nous avons étudiée récemment.

Elle consiste à interrompre périodiquement par des moyens électriques ou mécaniques le circuit du numérateur, de manière à ce que pendant une fraction de la période, supérieure au temps mort du numérateur, celui-ci se trouve mis hors circuit, tandis que pendant le reste de cette période il ne puisse recevoir pratiquement qu'une impulsion au maximum.

---

(1) Séance du 24 octobre 1938.
(2) *Proc. Roy. Soc.*, 136, 1932, p. 312.
(3) *Z. für Physik*, 90, 1934, p. 416.
(4) *J. de Physique*, 9, 1938, p. 251.

Pour satisfaire à ces conditions, nous avons eu recours dans les premières expériences, à un contact tournant, formé d'un collecteur provenant d'un petit moteur électrique démonté et d'un frotteur. Ce dernier, ainsi qu'une borne du collecteur sont intercalés dans le circuit du numérateur. Un moteur électrique auxiliaire entraîne le contact tournant dont la vitesse doit être réglable. Si τ est le temps mort du compteur, τ/K le temps moyen qui s'écoule entre deux impulsions consécutives et ρ, le rapport de la période du contact tournant au temps de séjour du frotteur sur la lame, la vitesse v (comptée en nombre de tours par seconde) du moteur doit être réglée de manière à satisfaire aux inégalités suivantes :

$$(1) \qquad \frac{K}{\tau\rho} < v < \frac{\rho - 1}{\rho\tau} \quad (^5).$$

Dans ces conditions, les impulsions, s'il y en a, ne peuvent passer dans le circuit du numérateur que lorsque le balai frotteur vient toucher la lame du collecteur faisant partie du circuit. Les indications du numérateur sont alors à multiplier par le rapport ρ de la période du contact tournant au temps pendant lequel le circuit du numérateur reste fermé. Pour éviter cette opération de multiplication nous avons relié les différentes lames du collecteur à autant de numérateurs. Leurs indications ajoutées fournissent le nombre total d'impulsions qui se sont produites pendant la durée de l'expérience; à l'exception, bien entendu, des impulsions trop rapprochées pour être séparées, mais dont on peut tenir compte facilement.

([5]) En effet, $1/v$ est la période du contact tournant et $1/\rho v$, le temps de séjour du frotteur sur la lame, or il faut que ce temps soit inférieur au temps moyen qui s'écoule entre deux impulsions consécutives. D'autre part, le temps qui s'écoule entre le moment où le balai quitte la lame et le moment où de nouveau il entre en contact avec elle est donné par l'expression $1/v - 1/\rho v$, or ce temps doit être supérieur au temps mort du numérateur.

Les relations (1) entraînent l'inégalité $K < \rho - 1$. Donc $r/(\rho - 1)$ peut être considéré comme le *temps mort apparent* du dispositif.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude spectrophotométrique de l'hydrolyse lente des sels ferriques*. Note (1) de MM. **Joseph Cathala** et **Jean Cluzel**, transmise par M. Georges Urbain.

Une publication récente de savants américains (2) nous amène à publier certaines observations faites au cours des recherches que nous poursuivons pour élucider la nature du complexe absorbant, intermédiaire entre Fe^{+++} et $Fe(OH)^3$ dont nous avons admis l'existence dans une Note précédente (3).

Pour les solutions N/10 dont nous parlions dans cette Note (4), les mesures spectrophométriques devenaient imprécises pour des pH supérieurs à 5 par suite d'une hydrolyse lente accompagnée de trouble et de floculation.

Ce phénomène *d'hydrolyse lente* des sels ferriques a déjà fait l'objet de nombreuses observations. Certains auteurs (5-6) relient cet accroissement de coloration à la formation lente de composés intermédiaires. D'autres savants (7-8) attribuent ces phénomènes à la nature colloïdale de l'hydroxyde ferrique formé par hydrolyse.

Nous avons étudié au spectrophotomètre les variations en fonction du temps de la coloration de ces solutions diluées pour des pH bien déterminés et à température constante. A partir d'une même solution de nitrate ferrique, nous avons obtenu les concentrations voulues par dilution dans des tampons d'acide acétique et d'acétate d'ammoniaque de pH 5,03; 5,26; 5,48; 5,80; 6,00. Nous avons utilisé le même dispositif optique que précédemment : spectrographe (Jobin et Yvon), photomètre de Huffner et secteur tournant à ouverture variable. Du rapport I_0/I déduit des mesures spectrales, nous passons au coefficient d'absorption K et aux concentrations C par les relations

$$I = I_0 e^{-KCd}, \qquad KC = \frac{1}{d} \log \frac{I_0}{I}.$$

(1) Séance du 9 mai 1938.

(2) A.-B. Lamb et A.-G. Jacques, *J. Am. Chem. Soc.*, 4e série, **60**, 1938, p. 967.

(3) J. Cathala et J. Cluzel, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 401.

(4) *Erratum*. — Dans notre précédente Note *lire* diluer à N/10 la solution N de nitrate ferrique.

(5) Antoni et Gigli, *Gazz. Chim. Ital.*, 2e série, **25**, 1895, p. 1, et **26**, 1896, p. 302.

(6) Foussereau, *Ann. Phys. et Chim.*, 6e série, **12**, 1887, p. 564.

(7) Wagner, *Monatshefte f. Chem.*, **34**, 1913, p. 95 et 931.

(8) Tian, *J. Chim. phys.*, 3e série, **19**, 1921, p. 190.

Les résultats que nous donnons aujourd'hui sont relatifs à des solutions N/100 à la température de 21° (à 1° près).

Pour chaque pH nous avons construit les courbes donnant, pour diverses longueurs d'onde, les variations en fonction du temps de log KC. La figure 1 donne un des faisceaux de courbes ainsi obtenues. Pour un

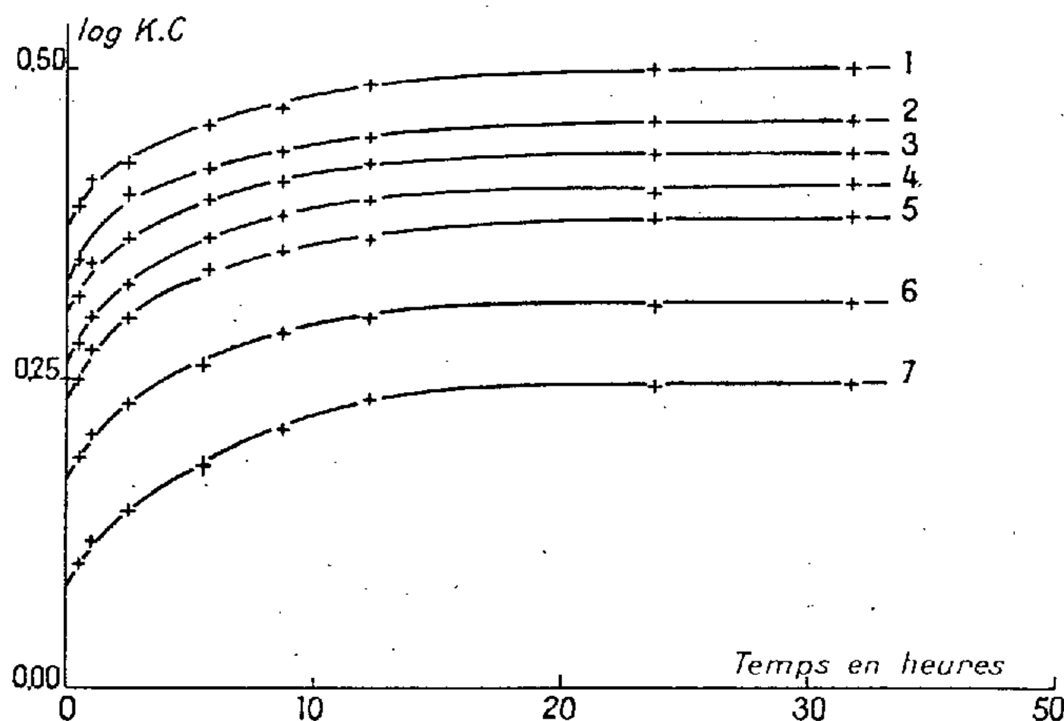


Fig. 1.
1, $\lambda = 3865$ Å; 2, $\lambda = 3903$ Å; 3, $\lambda = 3930$ Å; 4, $\lambda = 3969$ Å; 5, $\lambda = 4005$ Å; 6, $\lambda = 4085$ Å; 7, $\lambda = 4157$; pH = 5,80.

même pH, les courbes correspondant à diverses longueurs d'onde sont parallèles : *nous pouvons en conclure que la nature de l'absorbant ne change pas avec le temps*.

La figure 2 donne, pour la longueur d'onde λ 4005 Å, les variations de concentration de l'absorbant en fonction du temps, aux divers pH étudiés. La vitesse de transformation croît beaucoup avec le pH; elle semble pratiquement nulle au-dessous de pH 5 : une solution de pH 4,75 ne nous a montré aucune modification au bout de trois jours. Les points indiqués sur nos courbes ont été obtenus avant qu'un trouble dans la solution soit discernable à l'œil.

Pour des pH divers, l'allure de nos courbes de vieillissement des solutions ferriques rappelle tout à fait celle des courbes obtenues par Tian par mesure de la variation de la conductivité. C'est aussi l'allure des diverses courbes obtenues par Lamb et Jacques dans leurs mesures conductimétriques et colorimétriques des solutions ferriques diluées dans l'eau pure. Le parallélisme parfait de nos courbes pour diverses longueurs

d'onde légitime du reste l'emploi par ces auteurs de la méthode colorimétrique.

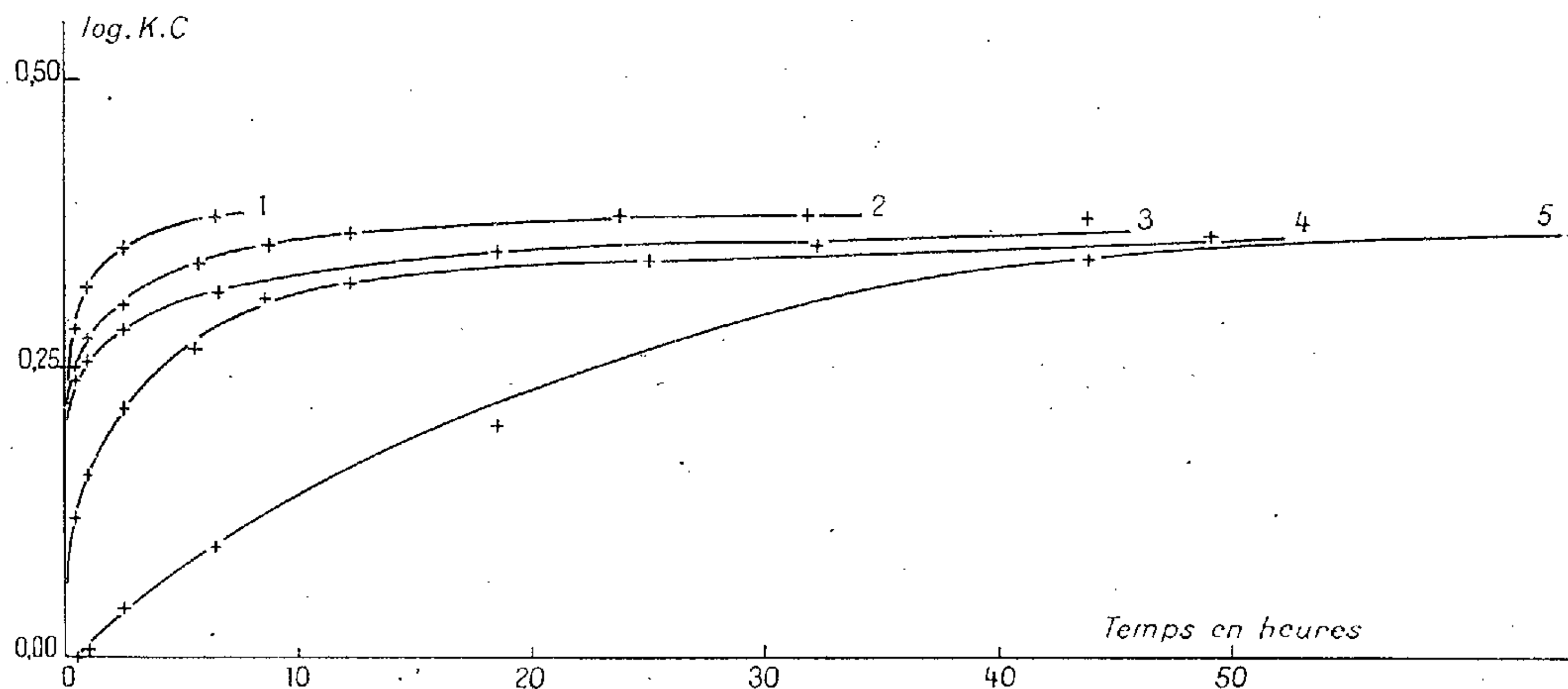


Fig. 2.
λ = 4005 Å; 1, pH = 6,00; 2, pH = 5,80; 3, pH = 5,48; 4, pH = 5,26; 5, pH = 5,03.

Nous espérons que l'étude des solutions très diluées que nous poursuivons nous permettra d'apporter quelques éclaircissements sur le mécanisme de l'hydrolyse lente des sels ferriques, la nature du composé qui les colore et le rôle joué par les électrolytes présents dans la solution.

PHOTOCHIMIE. — *Sur le spectre d'absorption de l'image photographique développée.* Note (1) de M. **Casimir Jausseran**, transmise par M. Charles Fabry.

La définition de la densité optique d'une image photographique développée et fixée nécessite un certain nombre de précautions (2); mais, lorsque la mesure en est effectuée dans des conditions précises, la valeur de cette densité est un nombre bien déterminé. J'ai déjà indiqué que ce nombre ne suffit cependant pas à caractériser l'image correspondante (2) : c'est ainsi, par exemple, que deux plages photographiques ayant des

(1) Séance du 12 septembre 1938.
(2) Voir par exemple G. A. Boutry, *IXe Congr. Intern. Phot.*, Paris, 1935, p. 484 ; *Ibid.*, 1935, p. 523.

densités égales en lumière monochromatique dirigée peuvent avoir des densités efficaces très différentes ou subir très inégalement l'action d'un même affaiblisseur. De telles différences se manifestent dans l'étude de la courbe d'absorption d'images photographiques obtenues dans des conditions variées. Cette courbe présente, comme l'ont montré H. Buisson et Ch. Fabry (3), un minimum assez accusé, vers 3150 Å correspondant à la bande de transparence de l'argent; j'ai étudié principalement la région spectrale voisine de ce minimum.

Un morceau de plaque photographique est exposé, développé et fixé dans des conditions déterminées; après lavage et séchage, la gélatine est détachée de son support en verre, qui serait à peu près opaque pour les radiations intéressantes. On détermine ensuite, par photométrie photographique à durée de pose constante, la densité en lumière dirigée de la pellicule ainsi obtenue, pour plusieurs longueurs d'onde du spectre continu d'un tube à hydrogène de Chalonge.

Le montage optique ne fait intervenir que des faisceaux peu ouverts (1/100 de radian). La plage à étudier est placée sur un diaphragme fixe. Pour les poses de graduation, on la remplace par une pellicule de gélatine provenant d'une région non impressionnée de la même plaque et l'on interpose, sur le faisceau, des écrans de quartz platinés obtenus par projection cathodique. Ces écrans, dont les densités ont été déterminées antérieurement, sont neutres dans le domaine spectral utilisé (4). Les clichés sont développés plusieurs heures après leur exposition dans un révélateur à l'hydroquinone (5) pour éviter les effets de l'évolution de l'image latente. Ils sont ensuite étudiés au microphotomètre enregistreur de Chalonge et Lambert modifié au laboratoire (6). On obtient, en définitive, pour chaque image étudiée et pour diverses longueurs d'onde, la densité par rapport à la gélatine en lumière quasiparallèle.

J'ai comparé entre elles une trentaine de plages. Pour qu'elles aient à peu près même densité en lumière visible, on jouait simultanément, au cours de leur obtention, sur deux des variables suivantes : nature de l'émulsion, éclairement, durée de pose, radiation agissante ($\lambda = 4000$, $\lambda = 3100$, rayons X), âge de l'image latente, nature et durée du développement (pour

(3) *Rev. d'Opt.*, 3, 1924, p. 1.

(4) H. Buisson, C. Jausseran, P. Rouard, *Rev. d'Opt.*, 12, 1933, p. 70.

(5) C. Jausseran, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1266.

(6) C. Jausseran, *Réunions de l'Inst. d'Opt.*, 4, 1933, p. 82.

trois révélateurs : métol, hydroquinone, paraphénylènediamine). Les résultats peuvent se résumer comme suit :

1° Toutes les plages étudiées présentent dans leur spectre d'absorption la bande de transparence de l'argent ;

2° Dans la région d'exposition normale, l'importance relative de cette bande, pour des plages de densités voisines, dépend de la plupart des variables étudiées, mais seule l'action du développement est considérable. Pour un même révélateur, la bande de transparence est d'autant mieux marquée que l'image a été développée pendant moins de temps.

3° La courbe d'absorption d'une image solarisée développée normalement est semblable à celle d'une image normale très peu développée. Cette constatation est en accord avec les observations microscopiques de divers auteurs rapportées par W. Meidinger (7) d'après lesquelles « les grains solarisés demeurent toujours dans l'état de développement commençant et ne sont jamais entièrement réduits », ce qui paraît indiquer que, conformément aux idées de Trivelli (8), l'inversion est un phénomène de développement.

A titre d'exemple, le tableau suivant indique, pour diverses longueurs d'onde, les densités (gélatine déduite) de trois images A, B, S obtenues sur la même émulsion. Les plages A et B correspondent à l'exposition normale; elles ont été développées respectivement six minutes (A) et une minute (B) dans un révélateur au métol. La plage S est une plage solarisée développée six minutes en même temps que A.

λ (mμ).......	437.	395.	347.	330.	319.	315.	310.	298.	287.	277.
A. 6^{min} métol....	2,06	2,04	1,95	1,90	1,60	1,50	1,56	1,71	1,71	1,71
B. 1 » »	2,09	2,08	1,98	1,75	1,26	1,23	1,37	1,59	1,63	1,66
S. 6 » »	2,19	2,16	2,06	1,76	1,14	1,12	1,21	1,54	1,64	1,64

On voit que la plage S, la plus dense en lumière visible, est au contraire la plus transparente de beaucoup pour λ 315$^{m\mu}$ et que, pour cette même longueur d'onde, la densité de la plage B est inférieure de 0,27 à celle de la plage A, bien que les plages A et B aient à peu près la même densité en visible.

Ces résultats sont évidemment dus aux variations de structure que peut présenter l'image photographique. Ils mettent en évidence l'influence

(7) *Theoretische Grundlagen der photographischen Prozesse*, Wien, 1932, p. 275.

(8) *Zeits. wiss. Phot.*, 37, 1938, p. 98.

prépondérante du développement sur cette structure et montrent combien on est peu fondé à considérer comme identiques deux plages ayant la même densité pour une certaine longueur d'onde. Ainsi, des plages de même densité en lumière visible peuvent présenter de grandes différences dans la région de la bande de transparence de l'argent.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur une méthode de focalisation utilisant le couteau de Seemann.* Note ([1]) de MM. **Vaclav Dolejsek** et **M. Rozsíval**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Comme l'a démontré Bačkovský ([2]), l'imperfection des cristaux se manifeste différemment dans les différentes méthodes de la spectroscopie des rayons X. D'après cet auteur, les méthodes de Seemann, du spectromètre à cristal double et du spectromètre à tube, sont très sensibles à cette imperfection et il n'est possible d'obtenir ainsi un grand pouvoir séparateur qu'à l'aide de cristaux parfaits. Mais la méthode de Seemann, spécialement dans le cas des cristaux multiples de Dumond-Kirkpatrick ([3]), nous offre une déjà grande luminosité avec un cristal plan de calcite, comme il ressort de l'étude de l'effet Compton faite par ces auteurs. Aussi Klein et l'un de nous ([4]) ont-ils démontré qu'en émoussant le couteau de Seemann il est possible d'obtenir pour les courtes longueurs d'onde des raies nettes, et de calculer la profondeur de pénétration du rayonnement dans le cristal.

En nous basant sur ces résultats, nous avons essayé d'élaborer une méthode de focalisation en utilisant un cristal parfait courbé et un couteau émoussé. Nous avons employé des cristaux de gypse $CaSO^4$, de sel gemme $NaCl$, et de quartz SiO^2 taillé perpendiculairement à l'axe électrique. En premier lieu nous avons courbé un cristal de $CaSO^4$ suivant une surface conique en plaçant contre le cristal une lame circulaire. La source de rayons X était située sur l'axe du cône du côté du sommet, de manière que les rayons X sortant du cône donnent leur image sur l'axe. La plaque photographique était placée de façon à recevoir cette image.

([1]) Séance du 14 mars 1938.
([2]) Bačkovský et Dolejšek, Čas. JČMF (sous presse), 67, 1938.
([3]) *Phys. Rev.*, 37, 1931, p. 136.
([4]) Dolejšek et Klein, *Nature*, 139, 1937, p. 886.

Si nous plaçons l'anticathode plus près du cristal dans la direction des rayons X, la luminosité augmente sans nuire pratiquement à la netteté des raies obtenues. Comme il est assez difficile de courber un cristal sur une surface conique, l'observation précédente nous a incités à utiliser provisoirement un dispositif, où le cristal est courbé suivant un cylindre, l'anticathode étant placée plus près du cristal dans la direction des rayons X, entre l'axe du cylindre et le cristal. Voici les résultats obtenus avec ces deux montages et les raies K_{α_1} et K_{α_2} du cuivre :

Cristal.	$\Delta\lambda\alpha_1$.	$\Delta\lambda\alpha_2$.	Méthode.
$CaSO^4$......	1,3 X. U.	1,25 X. U.	Seemann-fente-cône
$CaSO^4$......	1,0 X. U.	0,99 X. U.	Seemann-fente-cylindre

D'après ces résultats il est évident que la largeur des raies mesurée par cette méthode avec ce cristal est considérable. Cette largeur ne caractérise donc pas la largeur propre $\Delta\lambda$ de la raie; elle est déterminée par l'imperfection du cristal, comme nous le montrons dans cette Note en comparant les résultats obtenus avec les cristaux $NaCl$ et SiO^2.

Le tableau suivant donne d'abord les largeurs obtenues par la même méthode pour les raies CuK_{α_1} et CuK_{α_2} d'un cristal de $NaCl$ courbé plastiquement ([5]) suivant la surface d'un cylindre.

Cristal.	$\Delta\lambda\alpha_1$.	$\Delta\lambda\alpha_2$.	Méthode.
$NaCl$......	1,6 X. U.	1,40 X. U.	Seemann-fente-cylindre
SiO^2......	0,54 X. U.	0,75 X. U.	Seemann-fente-cylindre

La largeur des raies obtenue avec le cristal de $NaCl$ est de nouveau plus grande que leur largeur propre. On sait, en effet, que $NaCl$ est un cristal plus imparfait que $CaSO^4$ ([6]). Puisqu'en utilisant le couteau de Seemann émoussé nous n'avons pas observé un amincissement des raies, il est clair que leur largeur est due non pas à la pénétration du rayonnement dans le cristal, mais surtout à son imperfection. Nos résultats confirment ceux de Bačkovsky : la méthode de Seemann montre toute l'imperfection de la structure du cristal. En même temps il est clair que la courbure du cristal (qu'elle soit élastique ou plastique) n'influence pas son imperfection parce que les largeurs des raies mesurées par nous ne montrent pas une augmentation de cette dernière.

([5]) Bačkovský et Neprašova, Čas. JČMF, 67, 1938, p. 176.

([6]) Haworth et Bozorth, *Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 821.

Pour prouver qu'avec la méthode de focalisation avec le couteau de Seemann et avec un cristal parfait il est possible d'obtenir un grand pouvoir séparateur, nous avons employé un cristal de quartz taillé perpendiculairement à son axe électrique. La valeur $\Delta\lambda = 0,54$ X.U est la plus petite valeur obtenue, ce qui montre que dans ces conditions il est possible d'obtenir un pouvoir séparateur considérable.

Il est certain que, si le quartz taillé avait été soumis à l'action de HF, la perfection du cristal aurait été augmentée et le pouvoir séparateur accru.

Si nous comparons les temps d'exposition dans les mêmes conditions et pour des cristaux différents, nous pouvons dire que la méthode de focalisation que nous venons de décrire est cinq fois plus lumineuse que la méthode simple.

MINÉRALOGIE. — *Nouvelles observations sur les transformations des prochlorites magnésiennes sous l'action de la chaleur.* Note de M. **Jean Orcel** et Mlle **Simonne Caillère**.

Des recherches antérieures commencées par l'un de nous [1] sur la déshydratation des chlorites ont établi que ces minéraux perdent leur eau de constitution à deux températures fixes bien déterminées pour chaque espèce, et dépendant en partie de leur teneur en fer. D'autre part les expériences de F. W. Clarke [2], puis de V. Isküll [3] faisaient soupçonner que le produit résultant de la calcination des orthochlorites renfermait essentiellement du péridot (soluble dans l'acide chlorhydrique) et du spinelle, mais elles laissaient des doutes sur la véritable nature de ce mélange dans lequel on était obligé d'admettre aussi la présence de magnésie en excès et d'un silicate aluminomagnésien ayant la formule du grenat.

Nous avons repris ces recherches sur des bases nouvelles en utilisant l'analyse cristalline au moyen des rayon X par la méthode de Debye et Scherrer qui permet de suivre toutes les transformations du minéral sous l'action de la chaleur, et finalement de déterminer avec plus d'exactitude

---

(1) J. Orcel, *Bull. Soc. franç. Minér.*, 50, 1927, p. 276 et suivantes.

(2) F. W. Clarke et E. A. Schneider, *Amer. Jour. of. Sc.*, 40, 1890, p. 405-415.

(3) *Recherches expérimentales sur la constitution chimique des silicates*; *chlorites*, 1917, p. 287, Petrograd.

les produits de sa décomposition à des températures croissantes postérieurement au départ de l'eau.

Les températures de déshydratation ont été déterminées à nouveau au moyen de l'analyse thermique différentielle exécutée dans de meilleures conditions expérimentales que celles mises en œuvre précédemment par l'un de nous ([4]). Ces nouvelles observations confirment les précédentes et établissent avec certitude que les orthochlorites ne donnent lieu à aucun départ d'eau à 280° et à 410°, comme l'avaient indiqué N. S. Kournakov et V. V. Tchernych ([5]). Voici les principaux résultats obtenus pour le groupe des prochlorites magnésiennes en associant ces deux méthodes :

Étude thermique. — L'amésite de Chester, Massachusetts, donne une courbe présentant deux phénomènes endothermiques à 630° et à 820° dont le premier se dédouble vers 720° et semble indiquer, à cette température, un ralentissement dans le départ de l'eau. Avec les sheridanites de Comberousse près Saint-Colomban-des-Villards (Savoie) et celle de Wyoming (U. S. A.), on observe deux inflexions très nettes vers 620° et 820° dont la première est la plus accentuée. Les leuchtenbergites d'Arnave (Ariège), et de Zlatoust (Oural), perdent également leur eau vers 620° et 810°. Cependant la courbe de celle de Beramy (Madagascar), comme celle de l'amésite, montre un dédoublement du premier crochet à 750°. Pour les grochauites de Corundum Hill (U. S. A.), et de Leydsdorp (Transvaal), on note aussi deux départs très nets vers 620° et 810°.

Aucune de ces courbes ne met en évidence de phénomène exothermique après la déshydratation.

Analyse cristalline au moyen des rayons X. — Les prochlorites magnésiennes donnent toutes le même diagramme de Debye et Scherrer, caractérisé notamment par sa première raie correspondant à l'équidistance $d = 14$ Å environ ([6]) entre les plans réticulaires parallèles au clivage $p\,(001)$ de ces phyllites.

Les poudres de deux chlorites, particulièrement pures, la sheridanite de Comberousse et la leuchtenbergite de Beramy, ont été examinées successivement après chauffage aux deux températures de déshydratation, puis après calcination à 1000° et à 1400°. La sheridanite, chauffée dans le

---

([4]) J. Orcel, *loc. cit.*, p. 288.

([5]) *Mémoires de la Soc. russe de Minéralogie*, 2e sér., 55, 1, 1926, p. 183-194.

([6]) *Cf.* C. Mauguin, *Bull. Soc. franç. Min.*, 53, 1930, p. 282 et R. C. Mc Murchy, *Zeits. f. Krist.*, 88, 1934, p. 420-432.

vide pendant 73 heures à 590° et ayant perdu 5,5 pour 100 d'eau, donne un diagramme présentant encore les mêmes caractères que celui du minéral initial. Cependant nous avons observé un élargissement des raies et surtout un accroissement du diamètre du premier anneau correspondant alors à $d = 11$ Å. La leuchtenbergite chauffée dans l'air à 580° pendant 60 heures et ayant perdu 4,10 pour 100 d'eau se comporte de la même manière. Il semble donc que la structure de ces chlorites persiste après le premier départ d'eau, malgré une tendance à la contraction du réseau. Après calcination à 930° pendant 26 heures et perte de 11,70 pour 100 d'eau, la sheridanite donne un spectre présentant peu de raies, mais groupées d'une manière très différente de celles du spectre du minéral initial. De même après déshydratation à 900° pendant 24 heures la leuchtenbergite fournit un diagramme très flou, où cependant l'on retrouve les raies caractéristiques du péridot comme dans celui de la sheridanite chauffée à la même température. La recristallisation de la chlorite déshydratée se produirait donc immédiatement, sans passage par une phase amorphe.

La sheridanite et la leuchtenbergite calcinées 15 minutes à 1000° donnent un spectre formé de nombreuses raies bien marquées où l'on distingue celles du péridot, mais l'identification des autres raies est plus facile sur les diagrammes obtenus avec les poudres calcinées à 1400° pendant une heure ou deux. On peut ainsi conclure à la présence certaine du spinelle accompagnant le péridot, ce qui confirme les résultat de Clarke, Schneider et Isküll. De plus il existe dans ces produits de calcination un minéral dont le diagramme coïncide d'une manière satisfaisante avec celui de la sillimanite. Par contre aucune raie ne permet de confirmer la présence de magnésie libre et d'un silicate aluminomagnésien ayant la structure du grenat. Toutes les autres prochlorites magnésiennes examinées conduisent aux mêmes résultats.

Ainsi l'emploi des rayons X apporte des précisions nouvelles dans l'étude de l'action de la chaleur sur les chlorites, car il permet de mettre directement en évidence l'individualité cristalline des espèces minérales formées, tandis que les méthodes chimiques, ne respectant pas en général l'intégrité des constituants obtenus, ne pouvaient le plus souvent conduire qu'à des résultats hypothétiques.

GÉOLOGIE. — *Stratigraphie et faciès du Stampien de la Limagne centrale.* Note de MM. **Jean Jung**, **René Pécoil** et **Justin Richard**, présentée par M. Charles Jacob.

La stratigraphie du Stampien des collines de la Limagne méridionale a été minutieusement étudiée autrefois par J. Giraud (1), mais la partie septentrionale du bassin, ou Marais, n'avait pu faire à l'époque l'objet d'investigations équivalentes en raison du manque d'affleurements. Depuis lors, une série de grands sondages, exécutés pour la recherche du pétrole, est venue apporter les éléments d'une connaissance plus complète. Nous avons repris l'étude de ces matériaux, que nous avons comparés au point de vue stratigraphique à la coupe générale du Stampien, relevée strate par strate, au Puy-Saint-Romain, dans la Limagne méridionale.

Cette corrélation a mis en évidence une variation régulière des faciès, du Sud au Nord du bassin oligocène, entre la région de Vic-le-Comte et celle de Combronde. Nous rapporterons la stratigraphie à quatre horizons successifs du Stampien, déjà anciennement reconnus par A. Julien et J. Giraud et qui sont, de bas en haut :

I. Zone détritique.
II. Zone lagunaire.
III. Zone saumâtre et lacustre.
IV. Zone lacustre franche (= Chattien).

Nous ne considérerons pas le cas de la zone IV, de faciès relativement constant et bien connue par les affleurements. Quant aux variations de faciès des trois zones inférieures, elles peuvent être résumées comme suit, en négligeant les récurrences de détail et en arrondissant les épaisseurs :

a. Affleurements du Puy-Saint-Romain (Région de Vic-le-Comte).
I. 25^{m} de schistes gréseux papyracés.
II. 130^{m} de marnes et calcaires gypsifères à Coccolithes et Foraminifères (2), alternant avec des lits à *Cypris*.
III. 60^{m} de calcaires et meulières à *Cypris* et à Lymnées.

(1) *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, n° 87, 1902, p. 1745.
(2) L. Dangeard, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1745; *C. R. som. Soc. géol. France*, 1933, p. 12.

b. Sondages de Crouelle ([3]) *et de Beaulieu* (Région de Clermont).

I. 150^m d'arkoses, parfois bigarrées.

II. 400^m de marnes, à anhydrite au sommet, sapropéliennes à la base. Coccolithes rares.

III. 500^m de marnes, argileuses ou calcaires, à *Cypris*.

c. Sondages de Mirabel et de Macholles (Région de Riom).

I. 200^m traversés (400^m probables, au total) d'arkoses bigarrées.

II. 250^m de marnes salées à rares niveaux à gypse ou anhydrite. Pas de coccolithes.

III. 900^m de marnes, argileuses ou calcaires, à *Cypris*.

d. Sondages de Gimeaux et de Cellule (Région de Combronde).

I. 200^m traversés (épaisseur totale inconnue) de poudingues rouges à galets de granite.

II et III. Épaisseur indéterminée de marnes sableuses, salées à la base.

Ces données permettent d'esquisser un trait dominant de la paléogéographie stampienne de la Limagne. Le centre stable de la dépression était situé dans la Limagne méridionale, vers Vic-le-Comte et Issoire, c'est-à-dire dans les parages de l'actuel horst de Saint-Yvoine. On y rencontre des dépôts peu épais, décantés, à salure relativement régulière. Au contraire le rivage nord-ouest était en voie de rapide effondrement, provoquant ainsi l'appel d'une sédimentation puissante, détritique à note dominante fluviatile, originaire d'un delta débouchant dans le bassin entre Combronde et Châtelguyon.

Ces conditions rendent compte, en particulier, des relations qui existent entre les faciès lagunaires, saumâtres et d'eau douce au sein du puissant complexe dit des « Marnes de la Limagne ». Les dépôts lagunaires à affinités marines sont localisés dans la Limagne méridionale, au centre du bassin. Vers Crouelle, dans la zone littorale subsidente, ils font place à d'épaisses formations de marais salants, atteintes assez tardivement par les eaux douces. Plus loin, vers Mirabel, lorsqu'on se rapproche du delta de Gimeaux, l'arrivée des eaux douces est beaucoup plus précoce et les dépôts de sels disparaissent, cependant que l'épaisseur totale augmente encore. Enfin, à Cellule, on touche à la zone d'ensablement du delta.

La sédimentation stampienne s'achève avec l'épisode IV, franchement lacustre, des Calcaires à *Helix Ramondi*, au cours duquel la subsidence a cessé de se faire sentir en Limagne.

([3]) P. Glangeaud, *Annales des Mines*, 12e série, 4, 1923, p. 5 à 35.

GÉOLOGIE. — *Le gisement quaternaire de Tam Nang (Chaîne Annamitique septentrionale). Sa stratigraphie et ses faunes.* Note de MM. **Camille Arambourg** et **Justin Fromaget**, présentée par M. Charles Jacob.

L'un de nous a rendu compte (¹) de ses premières découvertes sur la stratigraphie des formations cénozoïques et plus récentes de la Chaîne annamitique septentrionale; depuis cette époque des fouilles dans les grottes et abris sous-roche de Tam Nang ont amené, avec une connaissance plus complète de la stratigraphie du Quaternaire, la découverte de faunes importantes.

La succession des dépôts qui contiennent ces faunes est la suivante :

Couvertures. — *Holocène.* — Limon brut, débutant par des couches pierreuses à éléments quaternaires remaniés et recouverts d'une patine noire de manganèse. Ce niveau contient les espèces suivantes, toutes de la faune actuelle : *Rhinoceros sumatrensis*, *Sus cristatus*, *Bibos gaurus*, *Bubalus buffelus*, *Cervus* (*Rusa*) *Aristotelis*, *Cervulus Montjac*, *Ursus Thibetanus*, *Macacus Thibetanus*, *Hylobates leucogenys*, etc. ainsi que des restes humains (Proto-Papoua) et une abondante industrie mésolithique.

Cet Holocène repose sur une surface d'érosion du Quaternaire.

Quaternaire. — 1° Limon rouge brique avec pisolithes latéritiques et traces charbonneuses; la faune de cet horizon est pauvre; il est séparé du suivant par une légère discordance, accompagnant d'énormes éboulements.

2° Tufs calcaires, jaunes, généralement cimentés par des produits stalagmitiques et contenant souvent, avec quelques coquilles terrestres (*Nanina* aff. *Crossei* Pfr.), une faune abondante semblable à celle des couches à *Hystrix* du Pleistocène inférieur du Sze Tchouen, du Yunnan et du Kwangsi.

La base est légèrement discordante sur le substratum.

Substratum. — Limon jaune (loess) ou graviers du Pliocène.

A Tam/Nang, par suite des éboulements qui détruisirent partiellement les grottes et abris sous roche du Pleistocène inférieur, accumulant ainsi des quantités énormes de blocs au pied des escarpements excavés, les fouilles n'ont pas encore atteint les couches les plus basses des tufs calcaires ou tufs à *Hystrix*. Cependant nous avons pu déjà reconnaître dans ces tufs deux

(¹) J. Fromaget, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 738.

horizons principaux caractérisés par de légères différences dans leurs faunes et aussi par des cultures spéciales.

L'horizon inférieur contient environ 37 espèces, 12 paraissant particulières à ce niveau; ce sont *Sus* cf. *brachygnathus*, *Nemorrhædus* cf. *Goral*, *Cervus* cf. *leptodus*, *Proboselaphus* sp., *Ursus kokeni*, *Cuon* cf. *alpinus*, *Canis* cf. *cyonoïdes*, *Hyæna crocuta* var. *ultima*, *Paradoxurus* sp., *Felis* sp. I de Choukoutien, *Felis* cf. *micotis*, *Simia satyrus*, parmi lesquelles il y a lieu de remarquer plus spécialement un orang-outang (*Simia satyrus*) de très grande taille trouvé récemment dans les cavernes du Kwangsi, puis *Hyæna crocuta* var. *ultima*, *Ursus kokeni* et *Cervus* cf. *leptodus*, lesquels, avec un *Proboselaphus*, sont parmi les éléments les plus caractéristiques du Pleistocène inférieur du Sze Tchouen ou de la Chine du Sud.

En outre, il y a lieu d'attirer l'attention sur la fréquence relative d'un Ursidé *Æluropus fovealis*, autre espèce du Pleistocène de Chine qui est très rare dans l'horizon supérieur, où elle ne semble pas monter très haut.

L'horizon supérieur serait caractérisé par l'apparition d'un petit ours, probablement identique à celui de la Chine du Sud, désigné par von Königswald sous le nom d'*Ursus præmalayanus*.

Quant aux espèces qui se rencontrent sur toute l'épaisseur explorée, en voici la liste complète : *Stegodon sinensis*, *Elephas namadicus*, *Rhinoceros sivalensis*, *Megatapirus augustus*, *Sus Lyddekeri*, *Sus* sp. *I*, (?) *Bibos geron*, (?) *Bubalus Teilhardi*, *Bovidé* de petite taille, *Cervus* (*Rusa*) *orientalis*, *Cervulus*, aff. *Montjac*, *Cervulus* cf. *Montjac*, *Spirocerus* sp. *I*, *Nemorrhædus* cf. *cinereus*, *N.* cf. *Edwardsi*, *Ursus angustidens*, *Felis leo* cf. *indicus*, *F.* aff. *issidiorensis*, *Arctonyx rostratus*, *Hystrix* cf. *subcristata* ([1]), *Rhizomys troglodytes*, *Macacus robustus*, *M. Rhesus* et *M.* cf. *Andersonni*.

Enfin il y a lieu de mentionner l'existence d'Hominiens; l'un, plus ancien, est représenté par un fragment de temporal droit; l'autre, qui appartient probablement aux deux horizons, paraît être une espèce spéciale du genre *Homo;* il présente des affinités néanderthaloïdes et semble également se rapprocher de l'*Homo Modjokertensis* du Pleistocène inférieur de Java; nous n'en avons qu'un fragment de calotte dans lequel les temporaux et la partie antérieure du frontal manquent et auquel viennent encore s'ajouter quelques dents et une clavicule d'enfant.

En dehors des affinités déjà signalées avec le Pleistocène inférieur de la

---

([1]) Les rongeurs ont été déterminés par Mlle Madeleine Friant.

Chine du Sud, cette faune présente quelques ressemblances avec celles des mêmes horizons de Java, des Sivaliks et aussi des environs de Péking (Choukoutien). Ses ressemblances avec la faune actuelle sont d'ordre évolutif.

La plus grande partie des os recueillis dans les tufs ont, de même qu'en Chine, été rongés par *Hystrix* et sont de ce fait le plus souvent réduits à des dents privées de leur racine.

Au point de vue culturel, ce Pleistocène inférieur se fait remarquer par l'absence d'outillage en pierre dans les couches inférieures, si ce n'est un morceau de quartz grossièrement éclaté, et par l'existence d'os fendus par l'homme ou présentant encore des traces très nettes de décarnisation à l'aide d'objets tranchants, alors que par contre l'horizon supérieur contient quelques outils très grossiers en quartzite ou en schiste.

Les quelques dents et débris osseux rencontrés dans les couches rouge brique du Quaternaire moyen ou supérieur et qui paraissent leur appartenir en propre nous ont permis d'établir la liste suivante : *Elephas* sp., *Rhinoceros* sp., *Tapirus* sp., *Sus cristatus fossilis*, ? *Bibos gaurus*, *Spirocerus* sp. I, *Nemorhædus* sp., *Ursus præmalayanus*, *Macacus* cf. *robustus*, *M.* cf. *Rhesus*, qui comprend soit des formes voisines des espèces actuelles, soit des formes du Pleistocène inférieur. L'homme a sans doute vécu à Tam Nang à cette époque, bien qu'aucun reste certain ne lui soit attribuable.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la concentration alimentaire sur le développement de plantules isolées, cultivées à l'obscurité.* Note de MM. **Raymond Jacquot** et **Roger Raveux**, présentée par M. Marin Molliard.

Les travaux de Laurent (1), de Mazé et Perrier (2) et ceux de Molliard (3) ont mis en lumière le rapport étroit qui existe entre la nutrition carbonée des plantes vertes et leur développement, démontrant ainsi l'action morphogénique de différentes substances organiques dans la vie saprophytique des végétaux supérieurs. Nous avons étudié quantitativement l'influence de la concentration du glucose sur la croissance de plantules

---

(1) *Rev. génér. Botanique,* 16, 1904, p. 14.
(2) *Ann. Inst. Pasteur,* 18, 1904, p. 721.
(3) *Rev. génér. Botanique,* 19, 1907, p. 241.

isolées, cultivées aseptiquement à l'obscurité. Nos observations portent sur les rapports qui existent entre la formation de substances sèches et les caractères extérieurs du développement.

1. *Poids sec et teneur en eau.*

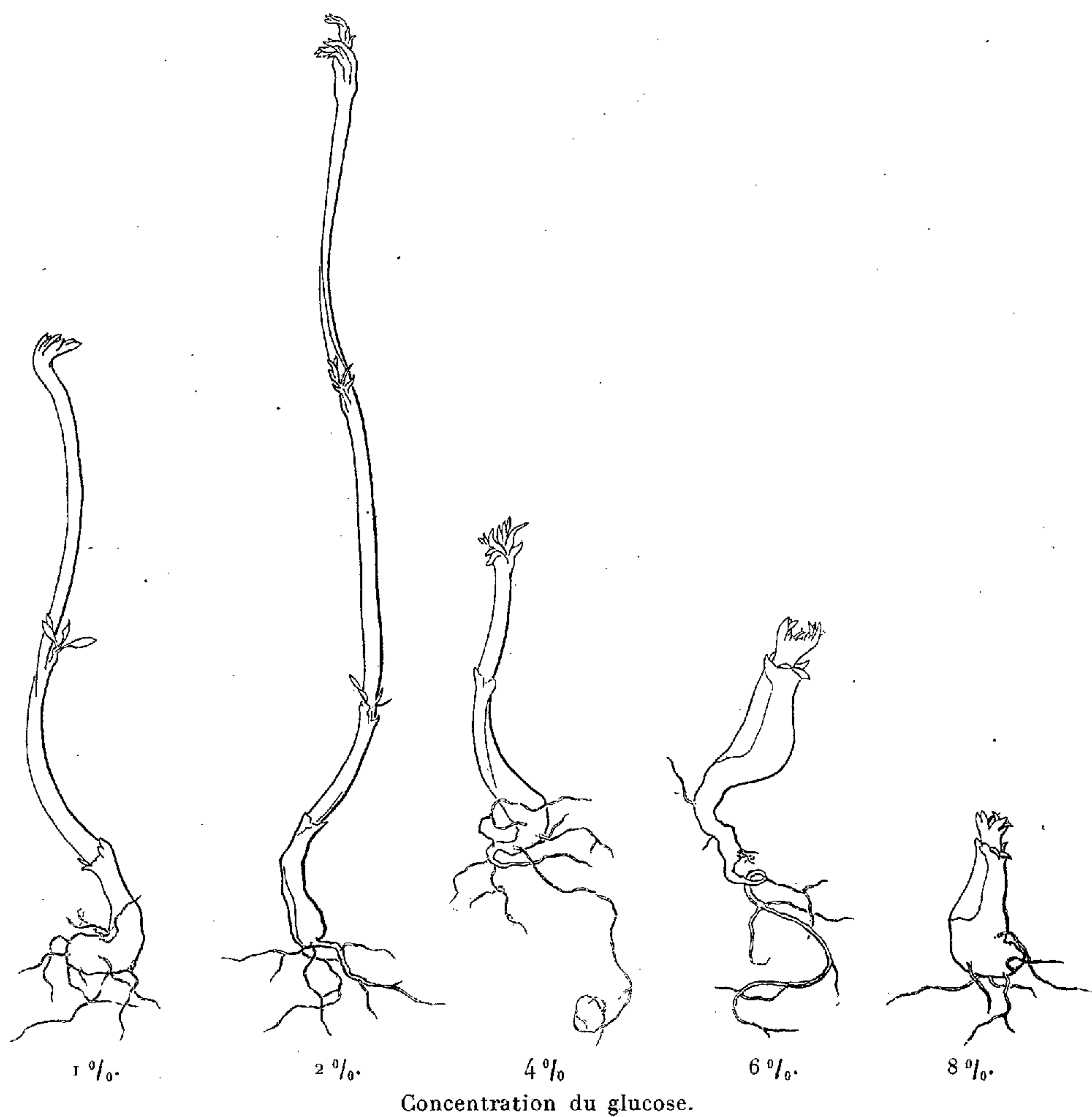
Espèces étudiées.	Concentration du glucose °/₀.	Poids sec de la récolte (mg).	Teneur en eau °/₀.
Arachides de Dakar (petites). 30 plantules par série. Durée 25 jours. T, 30°.	0,5	400	94,3
	1	690	93,3
	2	710	92,5
	3	800	90,8
	4	830	88,3
Arachides de Vilmorin (grosses). 20 plantules par série. Durée 27 jours. T, 30°.	1	493	93,4
	2	587	93,1
	4	847	87,0
	6	941	80,1
Haricots d'Espagne. 20 plantules par série. Durée 27 jours. T, 30°.	1	207	93
	2	332	91,7
	4	522	88,4
	6	729	82,2

Le poids sec de la récolte croît avec la concentration du glucose; en même temps, sa teneur en eau baisse régulièrement. Les constituants secs augmentent donc en valeur absolue et en valeur relative.

II. *Caractères extérieurs de la croissance.* — Comme l'avait vu Molliard, nous observons qu'aux faibles teneurs en glucose (de 0,5 à 2 pour 100), la longueur des plantes varie dans le même sens que le taux du sucre; puis, qu'à partir d'un certain seuil (4 pour 100), des concentrations plus élevées provoquent des anomalies du développement, les plantes devenant de plus en plus courtes et trapues. Notre figure relative à la germination de l'Arachide montre l'importance du phénomène; celui-ci est moins accentué avec le Haricot.

Nous nous trouvons donc en présence d'une dysharmonie de croissance et de deux actions contraires du glucose : augmentation du poids de la récolte et diminution de la taille des plantes. Il convenait de rechercher la réaction propre de chaque partie du végétal aux variations de la concentration alimentaire. Pour cela, nous coupons chaque plante de manière à mesurer et peser séparément ses feuilles, sa tige, son axe hypocotylé et ses racines. Les mesures de taille et de poids donnent des résultats parallèles qui se résument ainsi : les feuilles et les racines augmentent régulièrement

de poids avec le taux du sucre; la tige passe par un maximum de taille et de poids (Arachide, glucose à 2 pour 100; Haricot, glucose à 4 pour 100) puis sa longueur et son poids sec diminuent. Pour l'Arachide, il arrive



Concentration du glucose.

même que *la tige disparaisse tout à fait* et que les feuilles sortent directement de l'axe hypocotylé. Le poids de ce dernier augmente beaucoup plus que ne croît la concentration de l'aliment. Le phénomène est très marqué chez l'Arachide où l'axe prend *l'aspect d'un petit tubercule et représente* 77 *pour* 100 *du poids sec total* (concentration de 8 pour 100). En résumé, à certaines concentrations variables selon l'espèce, le glucose provoque une dysharmonie de croissance au détriment de la tige et au profit de l'axe

hypocotylé. La régulation du développement en est profondément troublée et cette perturbation se traduit par un épaississement de l'axe, qui remplace l'élongation habituelle de la plante normale. Nous étudions actuellement l'interprétation physiologique et les résultantes biochimiques de cette anomalie.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le catuabol retiré des écorces de catuabach* (Trichilia spec.). Note de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Emil Cionga**, présentée par M. Auguste Béhal.

Au Brésil, on désigne sous le nom de catuaba deux drogues : d'une part, des feuilles, tiges et racines de deux Bignoniacées, herbacées ligneuses, très voisines *Anemopægma mirandum* A. DC, avec ses deux variétés *petiolata* et *pubera*, et *A. glaucum* M., que l'un de nous a récoltées dans la Serra de Taquaril (Minas Geraes) entre 900 et 1100^m d'altitude et, d'autre part, des écorces du tronc d'arbustes de 4 à 5^m appartenant à des Méliacées du genre *Trichilia* [1], que l'on rencontre vers 800^m dans la Serra de Arraripe (Céara).

Nos recherches chimiques ont porté uniquement sur les écorces. Avec la collaboration de M. Cardozo, l'un de nous a préparé au Brésil un extrait mou alcoolique par percolation à froid de l'écorce sèche réduite en poudre grossière de couleur rouge.

Technique. — 5^{kg} d'écorce sèche ont donné 1080^g d'extrait mou rougeâtre, de saveur astringente. 400^g de cet extrait ont été concentrés au soleil et ont fourni 290^g de produit sec; soit un rendement d'environ 16 pour 100 à partir des écorces. Cet extrait, divisé avec du sable de Fontainebleau, est épuisé au benzène dans un appareil de soxhlet. Après distillation du solvant, on obtient 15^g d'une masse cristalline verdâtre représentant donc 5 pour 100 environ de l'extrait sec. Ce résidu est traité par l'alcool à 96°, et après de nombreuses cristallisations, on sépare en très faible quantité des octaèdres quadratiques jaune clair fusibles à 115-116° et 3^g,5 d'aiguilles blanches dont le point de fusion, à la suite de maintes cristallisations s'élève lentement et se fixe à 200-201° (bloc). C'est ce dernier composé que nous désignons sous le nom de *catuabol*.

Le *catuabol* se présente sous la forme d'aiguilles ou de prismes incolores P. F. 200-201°, insolubles dans l'eau et les solutions alcalines, peu solubles

---

(1) J. G. Kuhlmann, *Revista Florestal*, Brasil, 1, 1929, p. 8; Raymond-Hamet, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1778.

dans l'alcool à 96°, l'acétone et l'éther, très solubles dans le chloroforme, le tétrachlorure de carbone, le benzène et la pyridine.

$(\alpha)_D^{18}+88°,4$ (chloroforme, c °/₀ 0,433); analyse, trouvé C °/₀ 84,16; H °/₀ 11,26; calculé pour $C^{25}H^{40}O$, C°/₀ 84,26; H °/₀ 11,22.

Le catuabol est un alcool facilement estérifiable.

Formiate. — Tablettes blanches brillantes, P. F. 242-243° (de l'éther).

Acétate. — Aiguilles blanches, P. F. 242-243° (éther); $(\alpha)_D^{19}+88°,3$ (chloroforme, c °/₀ 0,487); analyse, trouvé; C °/₀ 82,04; H °/₀ 10,63 calculé pour $C^{27}H^{42}O^2$, C °/₀ 81,4; H °/₀ 10,5.

Benzoate. — Tablettes blanches brillantes, P. F. 235-236° (éther); $(\alpha)_D^{19}+99°,4$ (chloroforme, c °/₀ 0,568); analyse, trouvé C °/₀ 83,08; H °/₀ 9,84; calculé pour $C^{32}H^{44}O^2$, C °/₀ 83,47; H °/₀ 9,56.

A froid, le catuabol ne fixe pas le brome, ne réduit pas le permanganate de potassium en solution acétonique, ne colore pas le tétranitrométhane en solution chloroformique. Il ne donne pas de réaction colorée avec le chlorure ferrique. La recherche des groupements méthoxyle et éthoxyle s'est montrée négative; par contre la réaction de l'hydrogène mobile (Zerewitinoff) a été positive.

La saponification des esters régénère le catuabol, ce qui est un excellent moyen de procéder à sa purification.

L'oxydation chromique, en milieu acétique, conduit à un composé carbonylé soluble dans l'éther, dont l'oxime fond à 238-240°.

Conclusions. — L'écorce du Catuaba (*Trichilia spec.*) renferme, entre autres produits, une substance fusible à 115-116°, non étudiée, et un alcool, le *catuabol*, P. F. 200-201°, de formule actuellement fixée à $C^{25}H^{40}O$, et dont les esters formique, acétique, benzoïque ont été préparés. L'étude en cours des produits d'oxydation, de déshydratation et de déshydrogénation sélénique permettra d'en assurer la formule définitive. Enfin il est intéressant de remarquer que la teneur en carbone et hydrogène du catuabol le classerait dans les sesquiditerpènes. Les isomères sont l'euphostérol, retiré de *Euphorbia pilulifera* L. (²) et l'homotaraxastérol (³) des racines de *Taraxacum officinale* Vill., sans oublier les fungistérols de formules encore discutées.

(²) F. B. Power et H. Browning, *Pharm. Journ.*, **90**, 1913, p. 506-510.

(³) F. B. Power et H. Browning, *Journ. Chem. Soc.*, London, **101**, 1912, p. 2425.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches sur la réaction de Schryver-Fosse et sur ses applications analytiques*. Note de MM. **Marcel Paget** et **Raoul Berger**, présentée par M. Richard Fosse.

La réaction hydrazinique du formol de Schryver (¹) a été étendue à l'acide glyoxylique par Fosse et Hieulle (²), qui l'ont appliquée à l'identification de l'acide glyoxylique et à celle de composés capables d'engendrer cet acide (acide urique, allantoïnes, acide uroxanique, acide allantoïque, etc.). Sous sa nouvelle forme, cette réaction colorée est susceptible d'intéressantes applications analytiques. La présente Note en apporte quelques exemples.

A. *Caractérisation et microdosage de l'ion oxalique.* — L'acide oxalique est facilement réduit en acide glyoxylique par action du zinc en milieu acide. Les essais, dont nous rapportons le résultat pratique, ont porté sur des solutions d'acide oxalique dont la teneur par litre variait de 5^{mg} à 70^{mg}. Nous avons étudié et précisé les conditions expérimentales optima d'une *réduction complète* et d'une *réaction hydrazinique quantitative :* emploi obligatoire de lames de Zn provenant d'une même lame primitive, lavée avec HCl N/1 puis brisée en plusieurs morceaux identiques; nécessité d'agiter le liquide au cours de la réaction (agitateur type de celui de Kahn à 275 agit./minute); obligation de porter la durée de la réduction à 30 minutes et de plonger 2 minutes dans le B.-M. bouillant, la solution glyoxylique très diluée, additionnée de chlorhydrate de phénylhydrazine; nécessité de substituer l'eau oxygénée (³) au ferricyanure de potassium employé par les auteurs de la réaction originale afin d'éviter la précipitation de ferricyanure de zinc qui gênerait le dosage colorimétrique.

Mode opératoire. — A 2^{cm^3} de solution ajouter 1^{cm^3} de HCl N/1 et une lame de zinc pur. Placer sur l'agitateur électrique pendant 30 minutes. Après ce temps, prélever 2^{cm^3} du liquide, les introduire dans un tube Pyrex avec 2 gouttes de chlor-

---

(¹) *Proced. Roy. Society London*, B, **82**, 1910, p. 216.

(²) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 637. *L'Urée*, Paris, 1938, p. 221.

(³) L'expérience nous a montré que l'action du ferricyanure de potassium n'était pas spécifique de ce sel. L'eau oxygénée et les persels alcalins (perborate de sodium, persulfate de sodium), le peroxyde de zinc, le bioxyde de sodium, le chlorate de potassium peuvent y être substitués. Il est donc vraisemblable que la réaction de Fosse aboutit à la formation d'une matière colorante à structure quinonimidique.

hydrate de phénylhydrazine à 1 pour 100. Plonger 2 minutes le tube dans un B.-M. bouillant. Le retirer et le refroidir dans un bain d'eau froide. Ajouter $1^{cm^3},8$ de HCl concentré et 2 gouttes d'eau oxygénée à 10 vol. Agiter légèrement et placer 10 minutes à l'obscurité pour laisser la coloration se développer. Faire ensuite la lecture. L'emploi et le traitement parallèle d'une solution étalon permettent le dosage colorimétrique, qui se fera au colorimètre pour les concentrations de 20 à 70^{mg} et par dilution pour les concentrations inférieures (5 à 20).

Cette technique doit faciliter la recherche de l'oxalémie, de l'oxalurie et de l'oxalorachie, puisqu'elle permet de déceler sûrement 1/200e de milligramme d'ion oxalique. Le mode opératoire peut en être simplifié et accéléré lorsque la réaction est effectuée sur des solutions de titre plus élevé, en vue d'une simple recherche qualitative ([4]) (calculs biliaires, urinaires, intestinaux). Les cathions Na, K, NH^4, Li, Ba, Sc, Ca, Mn, Fe, Zn, ne la perturbent pas.

B. *Diagnose de l'acide ascorbique* (vitamine C). — L'acide ascorbique est très oxydable à froid et, en milieu acide, il est rapidement transformé par le permanganate de potassium en un mélange d'acide *l*-thréonique et d'acide oxalique. Ce dernier est facilement identifiable par notre technique *a*. Après étude des conditions d'oxydation *régulière* et de réduction *optimum*, nous avons d'ailleurs mis au point le mode opératoire suivant, qui synthétise nos observations.

A 1^{cm^3} de solution d'acide ascorbique à 0,10 pour 100, ajouter 2 gouttes de SO^4H^2 concentré et 2 gouttes de MnO^4K à 3 pour 100. Agiter, laisser 2 minutes en contact. Décolorer par H^2O^2 à 10 vol. Introduire dans le liquide une lame de zinc pur, bien décapée. Laisser la réduction s'effectuer pendant un temps déterminé (15 à 30 min. de réduction permettent de caractériser respectivement 2/100 et 1/100 de milligramme de vitamine C dans la prise d'essai). Enlever la lame de zinc et opérer la réaction colorée selon la technique indiquée en *a*.

Nous avons appliqué cette réaction à l'identification de l'acide ascorbique dans les sucs très dilués de divers fruits et baies. Nous envisageons son application à l'étude de l'ascorbimurie.

C. *Nouveau type d'oxydation de l'acide tartrique. Réaction colorée de cet acide.* — Le mélange oxydant utilisé en (B) peut oxyder à froid certains acides alcools. Nous avons étudié son action sur les acides lactique, malique, citrique, tartrique en solution aqueuse à 1 pour 1000. La technique d'oxydation était la même que celle que nous avions suivie dans

([4]) *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 27, 1938, p. 577.

nos recherches sur la vitamine C. Les résultats que nous avons obtenus nous autorisent à conclure que dans les conditions expérimentales que nous venons d'indiquer, l'acide tartrique subit un type d'oxydation non encore envisagé jusqu'ici, c'est-à-dire : production simultanée d'acide glyoxylique (en très petites quantités), d'acide oxalique et d'acide butane dione 2.3-dioïque. La réaction de Schryver-Fosse nous a permis l'élucidation rapide du problème analytique ainsi posé. Une nouvelle réaction colorée de l'acide tartrique est le corollaire de cette constatation.

D. *Labilité de l'acide urique en solution alcaline.* — La plupart des échantillons commerciaux d'urate de soude donnent *directement* la réaction de Schryver-Fosse. Cette réaction est due à l'ion allantoïque. Ces urates sont, en effet, souillés d'allantoates que nous avons identifiés par leur sel argentique et dont nous avons recherché l'origine. Nous avons mis en évidence la labilité de l'acide urique en milieu alcalin. L'ébullition prolongée de l'acide urique avec le carbonate de soude, voire même le simple chauffage du mélange à 45° engendre de l'acide allantoïque par un mécanisme oxydatif et hydrolytique, quelle que soit la concentration de l'alcali. Nous reviendrons ultérieurement sur la cinétique et sur les caractéristiques de cette dégradation dont l'importance peut être mise à profit pour la caractérisation analytique de l'ion urique.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Étude des solutions colloïdales par des mesures combinées de viscosité et de densité optique.* Note [1] de M. **Augustin Boutaric**, présentée par M. Charles Achard.

1. Par la combinaison de la formule de lord Rayleigh relative à la densité optique des milieux troubles et de la formule d'Einstein sur la viscosité des suspensions, nous avons montré [2] que le coefficient ω défini par la relation

$$\omega = \frac{1}{h} \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} \qquad (1)$$

était lié au nombre de particules contenues dans l'unité de volume de la suspension. Dans la présente Note nous nous proposons de revenir sur les

(1) Séance du 24 octobre 1938.

(2) *Bulletin de la Société Chimique de France*, 4e série, **49**, 1931, p. 389; *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1332.

conditions d'applicabilité de ce coefficient et d'indiquer une formule plus générale dont la relation (1) constitue un cas particulier.

2. Il résulte de la formule de lord Rayleigh que la densité optique h d'une suspension de particules sphériques sans couleur propre et de petites dimensions par rapport à la longueur d'onde peut être considérée, au cours de toute évolution de cette suspension se traduisant par un accolement des particules ou par un gonflement de celles-ci au sein du solvant, comme proportionnelle au volume moyen v des particules individuelles

$$h = kv. \tag{2}$$

D'après une formule indiquée par Einstein, on a, en désignant par η la viscosité d'une suspension peu concentrée de particules rigides et sphériques, par η_0 celle du milieu solvant, par V le volume total qu'occupent les particules contenues dans l'unité de volume de la suspension,

$$\eta = \eta_0(1 + 2,5\,V). \tag{3}$$

Cette formule a été l'objet de nombreuses critiques, principalement en ce qui concerne le coefficient 2,5, qui apparaît souvent comme très éloigné de la valeur expérimentale. Aussi admettrons-nous une formule d'Einstein généralisée pouvant s'appliquer à toutes les suspensions de faible concentration, que nous mettrons sous la forme

$$\frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = aV, \tag{4}$$

le coefficient a pouvant avoir une valeur quelconque.

Dans le cas de suspensions conconcentrées, il semble préférable d'utiliser, pour relier le volume total des particules à la viscosité, une formule indiquée par Arrhenius,

$$\log \frac{\eta}{\eta_0} = aV. \tag{5}$$

Si, dans cette formule, on fait intervenir les logarithmes népériens, il est facile de voir qu'elle se relie directement, pour les solutions étendues, à la formule d'Einstein généralisée. On a en effet

$$\log_e \frac{\eta}{\eta_0} = \log_e \left(1 + \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0}\right).$$

Si η est peu différent de η_0, de manière que $\eta - \eta_0/\eta_0$ soit petit par rapport à l'unité, on peut développer en série l'expression du logarithme en fonction

de $(\eta - \eta_0)/\eta_0$ et limiter ce développement à son premier terme $(\eta - \eta_0)/\eta_0$, en sorte que la relation (5) s'identifie alors avec la relation (4). Nous prendrons donc, dans le cas le plus général,

$$\log_e \frac{\eta}{\eta_0} = a\text{V}, \tag{6}$$

a désignant un coefficient identique à celui qui intervient dans la formule d'Einstein généralisée, à laquelle se réduit la relation précédente quand η diffère peu de η_0. La combinaison des formules (2) et (6) donnera

$$\frac{1}{h} \log_e \frac{\eta}{\eta_0} = \frac{a}{k} \frac{\text{V}}{v}, \tag{7}$$

montrant que l'expression $\omega = (1/h) \log_e \eta/\eta_0$ qui, pour des concentrations suffisamment faibles, se confond avec la relation (1), est proportionnelle au nombre N des particules contenues dans l'unité de volume de la suspension.

3. Le coefficient k qui intervient dans la formule (2) est proportionnel à la masse m des particules contenues dans l'unité de volume de la suspension, la matière constituant ces particules étant prise non imbibée de solvant, c'est-à-dire à l'état sec dans le cas d'une suspension aqueuse. En désignant par b une nouvelle constante, la relation (7) devient

$$\frac{1}{h} \log_e \frac{\eta}{\eta_0} = \frac{a}{b} \frac{\text{N}}{m},$$

montrant que le coefficient ω est proportionnel au nombre des particules que fournit, dans la suspension envisagée, l'unité de masse de la substance dispersée (non imbibée de solvant).

4. Le terme h exprime la densité optique due à la présence de particules supposées sans couleur propre. Dans le cas où intervient une absorption sélective se traduisant par un terme ε dans la valeur de la densité optique pour la radiation envisagée, il conviendra de substituer au terme h la différence $h - \varepsilon$ dans l'expression du coefficient ω.

Pour s'assurer qu'aucune absorption sélective n'intervient, le moyen le plus sûr consiste à vérifier que, le long du spectre, la densité optique h est proportionnelle à une puissance $-n$ de la longueur d'onde (l'exposant n étant inférieur ou au plus égal à 4) de sorte que les points représentant $\log h$ en fonction de $\log \lambda$ se disposent suivant une droite de coefficient angulaire $-n$.

SÉROLOGIE. — *Recherches sur la coagulation irrétractile.* Note de M. **Maurice Doladilhe**, présentée par M. Louis Martin.

L'irrétractilité du caillot sanguin s'observe couramment chez les invertébrés et plus particulièrement chez les crustacés, dont le sang coagule en un caillot gélatineux peu consistant, qui ne se rétracte pas.

Ce phénomène est très rare chez les vertébrés; il se produit chez l'homme au cours de certaines affections hémorragipares ([1]), comme par exemple le purpura de Hayem.

On sait aussi le provoquer par l'addition au sang de certaines substances anticoagulantes. Aynaud ([2]) a montré par exemple qu'un anticoagulant comme le chlorure de sodium, mélangé au sang sous des concentrations trop faibles pour empêcher sa coagulation, modifie l'évolution de ce phénomène et conduit à la formation d'un caillot irrétractile.

Pour les auteurs les caillots irrétractiles ne diffèrent des caillots normaux que par la propriété physique d'irrétractilité. Ils ne font en somme pas de différences entre ces diverses coagulations; elles conduisent toutes, à leur avis, à la séparation du plasma en ses deux parties connues, le caillot et le sérum; ce dernier exsude ou n'exsude pas suivant que le caillot est ou n'est pas rétractile.

Au cours de recherches sur les propriétés physiques du plasma sanguin nous avons eu l'occasion de reprendre les expériences de Aynaud et nous avons ainsi constaté que le chlorure de sodium exerce sur la coagulation sanguine une action beaucoup plus complexe que celle qu'on lui attribue.

Ces premières recherches ont été effectuées sur le sang du cobaye. On prélève, par ponction du cœur, un volume v de sang qu'on mélange extemporanément à un égal volume d'une solution de chlorure de sodium de concentration variable, comme l'indique le Tableau ci-après; on centrifuge le mélange (6000 tours/5 minutes) pour obtenir un plasma débarrassé de globules rouges et parfaitement limpide.

Le temps de coagulation de ce plasma dépend de sa teneur en sel, il augmente à mesure que croît la concentration de chlorure de sodium, d'abord lentement, puis de plus en plus vite, pour tendre vers une valeur infinie qui marque le seuil de la zone d'incoagulabilité.

([1]) Hayem, *Du sang et de ses altérations anatomiques*, Paris, 1889.
([2]) Aynaud, *C. R. Société de Biologie*, 75, 1913, p. 385.

Le coagulum plasmatique se présente sous la forme d'un gel transparent limpide et consistant. La rétractilité de ce gel diminue à mesure que croît la concentration du chlorure de sodium; elle s'annule pour une concentration déterminée de ce sel; à partir de ce point le gel est absolument irrétractile, tant que la salinité du milieu est insuffisante pour empêcher sa formation.

Le gel plasmatique desséché dans le vide est en partie insoluble dans l'eau distillée ou dans l'eau physiologique. L'importance de cette fraction insoluble dépend de l'irrétractilité du gel et varie dans le même sens que cette propriété physique; elle est donc maxima pour une étendue notable de la concentration du chlorure de sodium.

Les chiffres inscrits dans le Tableau donnent un exemple de ces résultats :

c, concentration, en grammes par litre de sang du chlorure de sodium additionné; *t*, durée de la coagulation du plasma; *p*, en milligrammes, poids de la fraction insoluble fournie par le plasma desséché tiré de 5^{cm^3} de sang (ces expériences ont été effectuées sur un mélange de sang provenant de plusieurs cobayes).

C...	0.	5.	12.	15.	18.	20.	25.
t....	3 min.	8 min.	30 min.	2 h. 15 min.	24 h.	36 h.	incoagul.
p....	49	65	290	455	450	453	–

La coagulation irrétractile insolubilise donc beaucoup plus de protéines plasmatiques que la coagulation rétractile.

On peut se demander si la coagulation irrétractile laisse libre l'alexine ? C'est ce que montre le fait suivant.

Le gel irrétractile est quasi insoluble dans l'eau ou dans les solutions salines; cependant un phénomène très intéressant se produit : l'alexine diffuse dans le liquide au sein duquel baigne le gel. On peut ainsi par simple immersion dans l'eau physiologique extraire de ce gel la presque totalité de son alexine.

Ces résultats laissent entrevoir le rôle important qu'est appelé à jouer en immunologie un phénomène de coagulation qui affecte une partie notable de l'édifice protéique sans amoindrir beaucoup une propriété immunologique aussi sensible que l'alexine.

IMMUNOLOGIE. — *Sur l'action de la pepsine sur les anticorps antipneumococciques*. Note de M. **Pierre Grabar**, présentée par M. Louis Martin.

On admet actuellement que les anticorps sont des globulines spéciales ou modifiées et que les enzymes protidolytiques, employées dans des conditions habituelles, les dégradent ([1]). Cependant Parfentjev ([2]) a réussi à purifier l'antitoxine diphtérique en faisant dégrader les protéides inactifs et ceci sans pertes importantes d'activité antitoxique ([3]). Pappenheimer et Robinson ([4]) ont constaté que ces préparations ont une capacité de combinaison avec la toxine plus grande que l'antitoxine non traitée, cette capacité de combinaison étant exprimée en poids d'azote de l'antitoxine combiné à une quantité déterminée de toxine dans le floculat spécifique.

Ce fait présente à notre avis un intérêt tant théorique que pratique et nous a incité à entreprendre des recherches concernant l'action de la pepsine sur les anticorps antipneumococciques ([5]). L'optimum d'action de la pepsine étant situé à un pH où les anticorps sont rapidement dénaturés, et la pepsine étant inactivée en solution neutre ou alcaline, nous nous sommes arrêté, après quelques essais préliminaires, au pH voisin de 4,5 comme étant le plus favorable à notre étude. A ce pH nos préparations d'anticorps perdent une partie de leur activité, même en l'absence de pepsine, lorsqu'on les maintient à 37° (ou même à 20°). Par contre, à la température de la glacière et en absence de pepsine, cette activité reste pratiquement constante pendant au moins une semaine. L'action enzymatique étant fortement ralentie aux basses températures, nous avons été amené à employer des concentrations assez élevées de pepsine.

La solution soumise à la digestion avait la composition suivante : 60^{cm^3} de

---

([1]) Voir par exemple J. R. Marrack, *The Chemistry of Antigens and Antibodies*, London, 1938.

([2]) U. S. Patent n° **2065196**.

([3]) Des observations analogues ont été publiées tout récemment par Pope, *Brit. J. Exper. Pathol.*, **19**, 1938, 245.

([4]) A. M. Pappenheimer, Jr. et E. S. Robinson, *J. of Immunol.*, **32**, 1937, 291.

([5]) Nous prions MM. les Drs J. Northrop et M. Heidelberger d'accepter nos remerciements pour les préparations qu'ils ont mises à notre disposition, ainsi que pour les conseils qu'ils nous ont donnés au cours de ce travail.

solution d'anticorps antipneumococciques type I et II (préparée suivant la technique de Felton en partant d'un sérum de cheval immunisé contre les pneumocoques type I et II), 10^{cm^3} de solution tampon acide acétique-acétate de sodium 0,5 M de pH 4,5 et 5^{cm^3} de solution de pepsine cristallisée à 1^{mg} d'azote par centimètre cube dans la même solution tampon. Du merthiolate a été employé comme antiseptique (1 : 10000). Les diverses solutions ont été refroidies au préalable et le mélange maintenu à 0° pendant la digestion. Un prélèvement du mélange a été fait immédiatement, un autre après 5 jours de digestion pepsique. Les liquides prélevés ont été traités par de la soude pour amener le pH au voisinage de 8,2 afin de détruire la pepsine, puis neutralisés par de l'acide chlorhydrique 0,1 *n*. Ce liquide neutre a servi pour les analyses d'azote protéidique total (par précipitation trichloracétique) et d'azote des anticorps ([6]). Les résultats d'une telle expérience sont résumés dans le tableau ci-dessous :

	Milligrammes			
	de polysacch. (SI) employé pour la précipitation	d'azote des antic. dans le précipité spécifique.	Rapports $\frac{\text{mg d'N des anticorps}}{\text{mg SI}}$.	Azote protéïd. total mg par 100cm³ de solution.
Mélange initial	0,025	0,239	9,6	118
	0,05	0,402	8,0	
	0,075	0,535	7,1	
	0,100	0,620	léger excès de SI	
Après cinq jours de digestion	0,01	0,056	5,6	89
	0,02	0,098	4,9	
	0,04	0,168	4,2	
	0,08	0,282	excès de SI	
Mélange initial dilué.	0,01	0,106	10,6	—
	0,02	0,179	9,0	
	0,04	0,284	7,1	
	0,08	0,363	excès de SI	

L'examen de ces résultats nous permet de constater que : dans ce cas, pour une disparition d'environ un quart des substances précipitables par l'acide trichloracétique, la moitié, environ, des anticorps a été détruite. Mais ce qui est plus intéressant, c'est que les rapports $\frac{\text{mg d'N des anticorps}}{\text{mg de SI}}$ dans les précipités spécifiques ont été profondément modifiés : les préci-

([6]) D'après M. Heidelberger et F. E. Kendall, *J. Exper. Med.*, 55, 1932, p. 555.

pités obtenus avec la préparation ayant subi l'action de la pepsine contiennent, pour une quantité déterminée de polysaccharide, presque deux fois moins d'azote que ceux obtenus avec la solution initiale. Pour montrer que les modifications des rapports (N anticorps/SI) ne sont dues ni à des effets de solubilité, ni à la diminution de la concentration en anticorps produite par la digestion, nous avons fait figurer dans le tableau les résultats obtenus avec la solution initiale, diluée à un taux en azote des anticorps voisin de celui de la solution après la digestion. Nous croyons donc pouvoir déduire de nos expériences que les anticorps sont modifiés sous l'action de la pepsine, et espérons pouvoir élucider bientôt quelles sont ces modifications.

ÉPIDÉMIOLOGIE. — *Sur les facteurs d'apparition des épidémies de paludisme en Algérie.* Note (1) de MM. **Louis Parrot** et **Antoine Catanei**, présentée par M. Edmond Sergent.

Nous avons pu étudier dans des conditions exceptionnelles, impossibles à réaliser artificiellement, l'évolution naturelle des trois sortes d'infection palustre (tierce maligne, tierce bénigne et quarte) parmi une population algérienne profondément impaludée, dépourvue de soins médicaux et momentanément soustraite aux contaminations et réinoculations palustres par suite de circonstances accidentelles : des pluies anormales par leur fréquence et leur violence ont empêché la formation de gîtes à anophèles dans la région pendant toute la durée de la saison de transmission du paludisme. La population a continué son genre de vie dans le même habitat, avec la même alimentation. Elle comprenait 1878 indigènes de race blanche (Berbères), qui ont été soumis à un examen microscopique du sang, mensuel ou semi-mensuel, pendant 14 mois.

Dans ce groupement humain, soustrait, comme nous avons dit, à toute réinoculation récente, les infections paludéennes sont apparues comme deux fois plus fréquentes parmi les sujets âgés de moins de 15 ans que parmi les adolescents et les adultes; elles ont atteint leur maximum de fréquence entre 6 et 10 ans d'âge. A tout âge, l'espèce de *Plasmodium* le

(1) Séance du 24 octobre 1938.

plus souvent constatée a été *P. præcox* (*P. falciparum*), agent de la tierce maligne. De 11 à 15 ans, la fréquence du parasite de la tierce maligne décroît d'un tiers environ, celle du parasite de la tierce bénigne de moitié et celle du parasite de la quarte des 4/5; passé l'âge de 15 ans et jusqu'à 50 ans, l'indice d'infection spécifique se maintient à un chiffre à peu près constant pour chaque *Plasmodium*. Chez tous les sujets infectés, les trois espèces de parasites étaient généralement rares dans le sang de la circulation périphérique, surtout chez les adolescents et les adultes. La proportion parmi eux des porteurs de gamétocytes variait considérablement suivant les *Plasmodium* : faible s'il s'agissait de *Plasmodium præcox* de la tierce maligne (5 pour 100), importante dans le cas de *P. vivax* de la tierce bénigne (42,8 pour 100), elle atteignait son maximum dans le cas de *P. malariæ* de la quarte (63,6 pour 100).

Ces constatations tendent à confirmer la notion que la prémunition, au sens de Edm. Sergent, L. Parrot et A. Donatien, c'est-à-dire la résistance de l'organisme infecté à la pullulation endogène des parasites paludéens et aux réinoculations exogènes, s'établit dans les populations indigènes blanches de l'Algérie généralement aux environs de la dixième année d'âge; elle est cependant moins précoce, moins complète et persiste moins longtemps à l'égard de *P. præcox* de la tierce maligne qu'à l'égard de *P. malariæ* de la quarte, et surtout qu'à l'égard de *P. vivax* de la tierce bénigne.

D'autre part des différences de comportement des trois *Plasmodium* quant à la production des formes sexuées (gamétocytes adultes), il résulte que les infectés anciens de tierce bénigne (*P. vivax*) et de quarte (*P. malariæ*) constituent en Algérie un réservoir de virus paludéen bien plus favorable au maintien d'un état d'endémie, même avec un anophélisme restreint, que les infectés anciens de tierce maligne (*P. præcox*). Il est cependant rare que *P. vivax* et *P. malariæ* provoquent des épidémies violentes, touchant de nombreux adultes, ce en raison de la prémunition acquise, qui persiste longtemps contre ces deux espèces. La propagation de *P. præcox*, au contraire, s'opère plus malaisément dans les conditions normales; elle ne devient massive qu'à la faveur de circonstances accidentelles, la pullulation excessive des anophèles transmetteurs en particulier. La tierce maligne se manifeste alors par ces flambées estivo-automnales épidémiques, pandémiques même, bien connues en Afrique du Nord, où tout le monde est frappé sans distinction d'âge parce que, d'une

épidémie à la suivante, nombre d'adultes ont perdu la prémunition contre *P. præcox*, généralement peu durable.

On voit par là le rôle important du facteur humain de la prémunition dans l'apparition des épidémies de paludisme en Afrique du Nord.

A 15h40m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

E. P.

ERRATA.

—

(Séance du 1er août 1938.)

Note de MM. *P. Mondain-Monval* et *René Pâris*, Sur l'étude thermométrique de la neutralisation des acides et des bases faibles :

Page 339, figure 3, *au lieu de* CH^3CO^2Na, *lire* $CH^3CO^2NH^4$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'août 1938.

Ministère des Travaux publics. Bureau de documentation minière. *Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France, en Algérie, dans les Colonies, pays de protectorat et territoires sous mandat français pour l'année* 1937. 1er fasc. *Mémoire annexe. Bassins houillers et lignitifères de la France,* par J. Desrousseaux. *Bassins d'outre-mer,* d'après F. Blondel et L. Clariond, et par P. Guillaumat. Paris, Imprimerie Nationale, 1938; 1 vol. 30cm.

Carte géologique du Massif du mont Blanc (partie française) à l'échelle du 1/20 000e, par Paul Corbin et Nicolas Oulianoff. *Feuille : Le Tacul-Col du Géant. Notice explicative.* Saint-Maur-des-Fossés, Imprimerie G. Jacquart, 1938; 1 fasc. 21cm et une carte 64,5 × 53,5.

Les gisements de pétrole, géologie, statistique, économie, par Georges Macovei. Paris, Masson et Cie, 1938; 1 vol. 25cm (présenté par M. Ch. Jacob).

Les secrets de la photographie dévoilés, par H. Houppé. Nevers, Imprimerie Chassaing, 1937; 1 vol. 23cm.

Topobibliographie de la France. *Indre. Bulletins et Revues,* par Maurice Duportet, avec la collaboration de Henri Fougerol, J. Joussain du Rieu, René Vallet. Montluçon, Topobibliographie de la France, 1938; 1 vol. 28cm,5.

Ouvrages reçus pendant les séances de septembre 1938.

Liste alphabétique des revues reçues à la Bibliothèque de la Société des Nations au 1er mai 1938. Genève, 1938; 1 vol. polycopié 23cm,5.

La Chimie agricole au Palais de la Découverte (Exposition internationale Paris 1937), par Maurice Javillier et Désiré Leroux. Extrait du *Bulletin de l'Association française pour l'Étude du sol,* t. III et IV. Beauvais, Imprimerie centrale administrative, 1938; 1 fasc. 24cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 NOVEMBRE 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Nous venons d'être à nouveau cruellement frappés : notre Confrère **Georges Urbain**, qui appartenait à la Section de Chimie depuis le 9 mai 1921, est mort le 5 novembre.

Né à Paris, le 12 avril 1872, fils d'un professeur de chimie à l'École Lavoisier, Urbain était ancien élève de l'École de Physique et de Chimie de la Ville de Paris, d'où il était sorti en 1894 le premier de sa promotion. Préparateur à cette école, puis préparateur particulier de Friedel, auquel il a toujours gardé un souvenir reconnaissant, il vint peu après travailler auprès de Jean Perrin : c'est là qu'il fit sa thèse de Doctorat sur la séparation des terres rares. Il passa cinq ans dans l'industrie, de 1899 à 1904, comme chef du Laboratoire de recherches de la Compagnie générale d'Électricité : je me rappelle l'y avoir vu, un jour où il était occupé à construire des lampes à arc jaillissant entre des bâtonnets d'oxydes. Il enseigna ensuite, d'abord à l'École de Physique et de Chimie, puis à la Faculté des Sciences, où il fut nommé professeur en 1908.

Pendant très longtemps son activité scientifique a été appliquée à l'étude des terres rares. Ces terres rares, comme on sait, n'ont guère pu être étudiées avec fruit que depuis que certains sables qui en contiennent, les sables monazités, ont été utilisés industriellement; on en extrait l'oxyde de thorium, qui forme 99 pour 100 de la substance formant les manchons

des becs Auer. Un travail intéressant d'Urbain est même la préparation de sels de thorium purs, pour laquelle il a utilisé les propriétés qu'il avait trouvées de l'acétylacétonate de thorium. Ce sel, qui cristallise en magnifiques cristaux, est très soluble dans l'eau et plus encore dans le chloroforme; il a la propriété remarquable d'être sublimable dans le vide. Les terres rares proprement dites accompagnent le thorium dans les produits naturels, en proportion variable d'un élément à l'autre; mais cette proportion ne change guère, chose remarquable, avec l'origine des produits, si bien que certains d'entre ces éléments exigent pour qu'on les obtienne un travail de séparation extrêmement long et pénible. Urbain n'a pas reculé devant cette tâche : il s'est consacré aux éléments dont se composent les terres yttriques, éléments dont l'étude était délaissée parce qu'il s'agissait d'aller plus loin que les Marignac et les Lecoq de Boisbaudran, qui leur avaient consacré déjà beaucoup d'efforts et d'ingéniosité.

Pendant de longues années, Urbain, seul ou avec Lacombe, a fait un nombre immense de cristallisations, deux cent mille au moins, disait-il, mais il a eu le grand mérite de choisir judicieusement les procédés de séparation — dont plusieurs étaient nouveaux — et de comprendre la nécessité de caractériser les produits séparés à l'aide de *plusieurs* méthodes employées *simultanément*. Il est arrivé ainsi, grâce à la pureté des produits obtenus, à obtenir des oxydes rares avec une rigueur inconnue auparavant. Il a montré que beaucoup de corps simples dont l'existence avait été annoncée n'étaient que des mélanges d'*europium*, de *gadolinium*, de *terbium*, de *dysprosium*. Ses conclusions, et les masses atomiques qu'il avait déterminées de ces éléments rares, ont été adoptées par le Comité international des Poids atomiques.

Georges Urbain a montré que l'ytterbium, considéré alors comme le dernier métal rare, contenait un élément inconnu, le *lutécium*. La découverte de ce lutécium, dont le nombre atomique est 71, lui est due complètement. Il a indiqué aussi un autre élément, occupant la place immédiatement voisine dans le tableau de Mendéléieff, celui auquel il a donné le nom de *celtium*. Cet élément, de nombre atomique 72, a été depuis bien caractérisé par les travaux de Hevesy.

Pour une bonne part, ce sont des procédés physiques qu'Urbain a employés méthodiquement dans cette étude des terres rares. Comme ses devanciers il a d'abord utilisé les spectres : spectres d'absorption ou d'émission divers, spectres de phosphorescence cathodique etc. Il avait, sur ce sujet, publié un livre, *Introduction à l'étude de la spectrochimie*, où il résumait les fruits de l'étude attentive qu'il en avait faite. Dans le

domaine de la phosphorescence cathodique Urbain découvrit cette loi importante de *l'optimum*, d'après laquelle la phosphorescence est la plus vive lorsqu'on ajoute au diluant, qui est la partie la plus abondante du produit, une proportion déterminée d'une impureté, qui est le véritable corps phosphorogène. Urbain a, d'autre part, fait toujours dans ses recherches un usage méthodique des mesures magnétochimiques. Les terres rares forment, comme on sait, à cet égard un groupe particulièrement remarquable : des éléments dont les masses atomiques ne diffèrent que de quelques unités montrent les différences énormes dans leurs coefficients paramagnétiques : les sels de dysprosium notamment sont même environ 15 fois plus magnétiques que les sels correspondants de fer. Aussi Urbain a-t-il fait un large usage de la balance de Curie, dont l'emploi était beaucoup plus rapide d'ailleurs que la détermination des masses atomiques.

Parmi les travaux de Georges Urbain, ne se rapportant pas à l'étude des terres rares, je voudrais seulement rappeler ses travaux sur les complexes minéraux. Dans le livre qu'il a écrit sur ce sujet, en collaboration avec un de ses élèves, le regretté Sénéchal, il montrait comment la chimie des complexes forme, si l'on peut dire, le pont entre la chimie minérale et la chimie organique, qui semblaient différer si profondément par leurs méthodes et leur esprit.

Pendant la guerre Georges Urbain a rendu de grands services à la défense nationale : il avait dès 1914 été appelé à la Direction du Laboratoire de Chimie de la Section Technique de l'Artillerie et avait obtenu des résultats importants, en ce qui concerne notamment les gaz asphyxiants et la production des fumées destinées à contrarier les bombardements aériens. Il avait dès 1916 été nommé membre de l'Inspection des Études et Expériences chimiques de guerre et n'avait pas cessé depuis d'être consulté sur les questions de défense nationale. D'ailleurs son autorité était grande, en dehors même de l'Institut de Chimie de la Faculté des Sciences dont il était le Directeur, de l'École Centrale où il a longtemps enseigné, de l'École des Hautes Études où il présidait la Section des Sciences expérimentales.

Pendant ces dernières années, sa santé laissait à désirer; il avait dû, à plusieurs reprises, interrompre son enseignement, mais toujours, aussitôt à peu près remis, il reprenait son activité coutumière. Cette année, sans doute parce qu'il venait d'être gravement malade, il avait accepté qu'on fêtât son jubilé scientifique. A cette fête du 10 juin, il n'y eut pas seulement des discours où la vie et l'œuvre de notre Confrère ont été célébrés

comme il convenait : une partie était consacrée à l'exécution de quelques-unes de ses œuvres musicales. Georges Urbain était aussi en effet un artiste fin et délicat, il était musicien et sculpteur en même temps que savant : on lui doit par exemple un buste de Friedel et une belle médaille de son maître Schutzenberger.

Nous déplorons cette mort, qui laisse ici un grand vide : j'exprime à la famille de notre Confrère nos sentiments de profonde sympathie.

La séance sera levée en signe de deuil après le vote inscrit à l'ordre du jour.

HYDRODYNAMIQUE. — *Instabilité inévitable d'un liquide pesant qui tourne, sans mouvement relatif, avec un noyau solide qu'il entoure. Conséquences océanographiques et géodésiques.* Note de M. **Marcel Brillouin**.

1. Pour établir la théorie des marées, on a toujours admis, depuis Newton et Laplace, qu'un liquide pesant homogène entourant un noyau solide qui tourne d'un mouvement uniforme peut prendre une forme d'équilibre permanente stable par rapport aux axes liés au noyau. Le tout, liquide et noyau, pouvant tourner d'un mouvement uniforme comme ferait un corps solide.

L'étude des marées est alors la recherche des oscillations propres ou contraintes de l'enveloppe liquide autour de cette forme permanente.

2. Lorsqu'il n'y a pas de noyau et qu'on étudie le mouvement d'une masse liquide homogène, pesante par rapport à des axes animés d'un mouvement de rotation uniforme, on sait, par les travaux de Maclaurin, Jacobi etc., que la masse liquide peut tourner d'un bloc, avec une forme invariable, stable entre certaines limites de vitesse.

On a généralement admis sans discussion qu'il en est de même lorsque le liquide entoure un noyau tournant avec la même vitesse angulaire; on a supposé qu'on peut entreprendre sans illogisme l'étude des marées en prenant cette forme permanente comme forme de référence.

3. Des difficultés insurmontables rencontrées au cours des études que je poursuis, depuis dix ans, sur les marées avec continents, m'ont amené à douter de l'exactitude de cette supposition et à penser qu'on doit au contraire énoncer la proposition suivante :

Lorsqu'un liquide pesant entoure un noyau solide tournant d'une vitesse uniforme, aucune configuration permanente du liquide, immobile par rapport aux axes liés au solide tournant, n'est stable.

J'en vais dire les raisons.

4. Je suppose que le globe et les axes tournent avec la vitesse angulaire constante ω, et j'étudie les petits mouvements du liquide par rapport à ces axes tournants.

Prenant comme état de référence l'état d'immobilité relative du liquide, les équations des petits mouvements périodiques, de période $2\pi : \theta$, sont [1] en coordonnées rectilignes liées au globe tournant

$$(1) \qquad \Delta\mathfrak{T} - \frac{4\omega^2}{\theta^2}\frac{\partial^2\mathfrak{T}}{\partial z^2} = 0, \qquad \mathfrak{T} = \mathfrak{T}_g - \frac{p}{\rho} + \frac{\omega^2 r^2 \nu^2}{2},$$

$$(2) \qquad \begin{cases} i\theta u_x + 2\omega u_y = \dfrac{\partial\mathfrak{T}}{\partial x}, \\ i\theta u_y - 2\omega u_x = \dfrac{\partial\mathfrak{T}}{\partial y}, \\ i\theta u_z \qquad\quad = \dfrac{\partial\mathfrak{T}}{\partial z}; \end{cases}$$

et l'équation en $\mathfrak{T}$ est hyperbolique pour les périodes plus longues que la demi-période de rotation ($\theta < 2\omega$). (ν est le cosinus de la latitude.)

On ramène d'ailleurs facilement cette équation à la forme laplacienne en prenant pour troisième coordonnée $\zeta = i(z/\sqrt{4\omega^2 - \theta^2})$ au lieu de z; ce qui, en coordonnées sphériques, fournit les solutions simples [2],

$$(3) \qquad \begin{cases} e^{ik\alpha} r^n \left(1 - \dfrac{\mu^2}{\mu_1^2}\right)^{\frac{n}{2}} \mathrm{T}_n^k\left(\dfrac{i\theta}{2\omega} \dfrac{\mu}{\sqrt{\mu_1^2 - \mu^2}}\right), \\ e^{ik\alpha} \dfrac{1}{r^{n+1}} \left(1 - \dfrac{\mu^2}{\mu_1^2}\right)^{-\frac{n+1}{2}} \mathrm{T}_n^k\left(\dfrac{i\theta}{2\omega} \dfrac{\mu}{\sqrt{\mu_1^2 - \mu^2}}\right), \end{cases}$$

en posant $\mu_1^2 = 1 - (\theta^2/4\omega^2)$. ($\mu$ est le sinus de la latitude.)

Lorsque le liquide s'étend jusqu'à l'origine, *sans noyau solide*, les solutions en $r^{-(n+1)}$ sont naturellement exclues, et aucune difficulté particulière ne se présente aux latitudes critiques ($\mu = \mu_1$) qui sont réelles pour les oscillations lentes ($\theta < 2\omega$), les dénominateurs apparents dans les T_n^k sont de degré moindre que le facteur $[1 - (\mu^2/\mu_1^2)]^{n/2}$ des intégrales utiles.

Mais, *s'il y a un noyau*, les deux types de solutions simples sont indis-

---

(1) M. Brillouin, *Quelques propriétés d'une équation aux dérivées partielles hyperbolique*, Note I (*Bulletin de l'Institut Poincaré*, 1, 1930, p. 265-283).

(2) *Loc. cit.*, paragraphe 4, T_n^k désigne la fonction tessérale de Ferrer's.

pensables pour annuler la vitesse du liquide normale au fond. Or les solutions du second type deviennent infinies comme $[1-(\mu^2/\mu_1^2)]$ aux latitudes critiques $\mu=\mu_1$, et sont inacceptables si l'océan couvre tout le globe, ou, simplement, atteint ces latitudes.

5. Si donc on n'a pas d'autres intégrales valables autour d'un noyau, toute oscillation lente ($\theta < 2\omega$) est *instable* pour un tel océan.

L'état de repos relatif de l'océan entraîné avec le noyau solide est un état instable, qui ne peut pas être pris comme état de référence pour les oscillations propres ou contraintes.

La surface libre permanente, étant instable, ne peut pas être choisie comme surface de référence des opérations géodésiques.

6. Reculant devant de telles conclusions, j'ai cherché d'abord à former d'autres solutions particulières échappant à cette difficulté [3]. Mais je n'ai obtenu aucun succès dans cette voie, et j'ai fini par me convaincre que la difficulté est insurmontable.

Essayant le cas particulier du noyau sphérique (R), je trouve assez facilement que la condition au fond ($u_R = 0$) impose à la solution la forme

$$\mathfrak{P} = \Pi\left[r\nu\left(\frac{\mu}{\nu}\right)^{\nu_1^2},\ \left(\frac{\mu}{\nu}\right)^{\nu_1} e^{\alpha i}\right] + (r-R)^2\,\mathfrak{M}(r, \mu, \alpha) \tag{4}$$

sans terme en $(r-R)^1$. Π est une fonction arbitraire de deux variables, $\mathfrak{M}$ une fonction arbitraire de trois variables, l'une et l'autre finies dans tout le domaine occupé par le liquide. On a posé

$$\nu = \sqrt{1-\mu^2}, \qquad \mu_1^2 = 1 - \frac{\theta^2}{4\omega^2}, \qquad \nu_1^2 = \frac{\theta^2}{4\omega^2}. \tag{5}$$

Il faut que $\mathfrak{P}$ satisfasse à l'équation générale des petits mouvements du liquide [4].

Prenons Π et $\mathfrak{M}$ sous forme de séries de puissances de r ($-\infty \leqq n \leqq +\infty$), et posons

$$Q_{nk} = A_{nk}\nu^n\left(\frac{\mu}{\nu}\right)^{n\nu_1^2+k\nu_1} + R^2\,\mathfrak{M}_n^k(\mu) - 2R\,\mathfrak{M}_{n-1}^k(\mu) + \mathfrak{M}_{n-2}^k(\mu) \tag{6}$$

avec

$$\mathfrak{P} = \sum_n \sum_k r^n e^{ik\alpha}\, Q_{nk}(\mu). \tag{7}$$

---

[3] Par exemple, *loc. cit.*, § 5 et § 6.

[4] En coordonnées sphériques, *loc. cit.*, Note III.

L'équation aux dérivées partielles en tout point du liquide donne [5]

(8) $$Q_{nk} = C_{nk}\left(1 - \frac{\mu^2}{\mu_1^2}\right)^{\frac{n}{2}} T_n^k\left(i\nu_1 \frac{\mu}{\sqrt{\mu_1^2 - \mu^2}}\right)$$

avec

$$T_{-n} = T_{n-1}.$$

Les constantes A et C doivent rester disponibles pour la condition à la surface libre.

Mais ce sont les fonctions $\mathfrak{M}$ qui figurent dans $\mathfrak{T}$, et les équations (6) et (8) ne les déterminent que par récurrence. Toute solution simple est une série illimitée aussi bien du côté négatif que du côté positif; et, dans tous les termes où n est négatif, le facteur $[1 - (\mu^2/\mu_1^2)]$ figure en dénominateur et rend $\mathfrak{T}$ infini sur les cônes critiques.

7. Il me paraît donc impossible d'échapper aux conclusions du paragraphe 6:

Si la théorie de Laplace semble éviter cette difficulté [6], c'est que Laplace a introduit dès le début, sans en contrôler mathématiquement la possibilité, l'hypothèse que les vitesses radiales (u_r) sont et *restent* dans tout l'Océan très petites partout; hypothèse incompatible avec la théorie générale.

Le problème des marées comprend alors trois étapes :

I. *Recherche des états de circulation permanente autour du noyau, avec vitesses finies (comparables à ωr). Discussion de la stabilité de ces états.*

II. *Choix d'un de ces états de circulation permanente stable, comme état de référence; étude des marées propres et contraintes autour de cet état.*

III. *Étude de la surface libre de cet état de référence — prolongée à travers les continents — comme surface origine pour les mesures géodésiques.*

8. En outre, il serait nécessaire de reprendre toutes les études cosmogoniques de Clairaut, Laplace, Callandreau, Poincaré, Jeans, Véronnet etc., dans l'hypothèse où le liquide, homogène ou non, entoure un noyau solide tournant, au lieu de s'étendre jusqu'au centre sans obstacle.

---

[5] *Loc. cit.*, p. 270, équ. (3) et équ. (4).

[6] M. Brillouin, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 801.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la mesure optique des courants continus très intenses.* Note de M. **Aimé Cotton**.

Ce *Compte rendu* renferme une Note de M. Tsaï, où il montre qu'on peut contrôler facilement, à l'aide d'une bobine spéciale et d'un fluxmètre, l'intensité des courants continus très intenses, tels que ceux qu'on emploie couramment aujourd'hui dans les grandes usines d'électrochimie. Pour mesurer de tels courants on se sert souvent d'appareils fort coûteux, par exemple de shunts très volumineux (dont l'emploi nécessite d'ailleurs des précautions pour que les résultats soient corrects), ou bien des instruments fondés sur des méthodes indirectes et imposant par exemple l'usage d'un courant alternatif auxiliaire.

Il semble cependant *a priori* que la mesure de ces courants très intenses devrait être plus facile que celle des courants plus faibles, puisque tous les phénomènes accompagnant le passage du courant sont alors considérablement amplifiés.

Je voudrais montrer en particulier que le champ magnétique qui existe autour des grosses barres d'aluminium ou de cuivre où circulent ces forts courants, ce champ qu'utilise M. Tsaï, est aussi assez intense pour qu'on puisse, toujours sans rien changer à l'installation et sans interrompre les courants, les mesurer en mettant à profit le phénomène de la rotation magnétique découvert par Faraday.

L'expérience suivante, que j'ai préparée l'année dernière pour la Salle Ampère-Faraday du Palais de la Découverte (cf. *La Nature*, n° 3008, 1937, p. 241), y est encore visible actuellement. Un conducteur vertical formé par une barre cylindrique de cuivre rouge de $2^{cm},5$ de diamètre, percé suivant l'axe d'un trou de 1^{cm} de diamètre où circule un courant d'eau, est parcouru par un courant de 30000 ampères par exemple. Près du tube on a placé un bloc de flint à faces parallèles sur les faces duquel se trouvent appliqués un polariseur et un analyseur constitués simplement, en fait, par deux *polaroïdes*. Un biquartz perpendiculaire à teinte sensible est en outre convenablement disposé sur le trajet des rayons. Dès qu'on lance le courant on voit, de part et d'autre de la ligne de séparation horizontale séparant les deux plages, celles-ci se teindre vivement de couleurs différentes : on peut le voir par projection sur un verre dépoli en prenant comme source une lampe à incandescence. Ces teintes s'intervertissent lorsque la source et l'observateur échangent leurs positions, ou bien quand on lance le courant en sens contraire.

Le calcul de la rotation produite justifie ce résultat : il est très simple, puisque le champ magnétique produit, dont les lignes de force sont circulaires, est le même que si le courant était concentré sur l'axe du conducteur (que nous supposons ici indéfini pour simplifier). Soit AB le trajet effectué par un rayon lumineux polarisé, dirigé perpendiculairement au courant, dans le milieu transparent aimanté; appelons θ l'angle (en radians) sous lequel on voit le segment AB du point O où l'axe du conducteur traverse le plan horizontal passant par AB. En appelant R la constante de Verdet, la rotation ρ est donnée par

$$(1) \qquad \rho = k\theta i,$$

où i est l'intensité du courant en unités électromagnétiques CGS [1].

Il résulte de la formule (1) que, si l'on considère dans le plan horizontal normal au conducteur un polygone quelconque qui l'entoure, par exemple un carré ABCD, la somme des rotations mesurées successivement sur les côtés AB, BC, CD, DA est donnée, quelle que soit la position de O à l'intérieur, par la formule

$$(2) \qquad \rho = R \times 4\pi i.$$

Si l'on passe alors au cas réel où le courant, au lieu de passer dans un conducteur construit spécialement, circule dans un ensemble de longues barres rectilignes de large section, on voit que la formule (2) est encore valable et que rien n'est changé : en mesurant les rotations successivement sur les divers côtés du contour et les ajoutant on aura fait une mesure optique du courant. La seule constante à connaître, la constante de Verdet, est, dès à présent, dans le cas de certains liquides transparents, connue avec une très grande précision.

On peut se dispenser de faire des mesures sur tous les côtés si le paquet formé par les barres a des éléments de symétrie. Par exemple si la section de ce conducteur a deux axes de symétrie, l'un horizontal, l'autre vertical, on n'aura qu'à faire la mesure suivant deux côtés adjacents du carré considéré précédemment que l'on placera lui-même symétriquement par rapport à ces axes.

---

(1) Cette formule explique que, dans l'expérience décrite, où le bloc transparent situé près du conducteur a ses faces extrêmes parallèles, les teintes observées ne sont pas tout à fait les mêmes quand on suit la ligne de séparation horizontale des deux moitiés du champ. En toute rigueur il faudrait prendre un bloc dont les faces extrêmes feraient un dièdre d'arête O pour que les rotations magnétiques soient rigoureusement les mêmes pour tous les rayons d'un faisceau horizontal traversant le bloc, quelles que soient leur orientation et leur distance à l'axe.

Un long tube plein d'un liquide bien transparent, à constante de Verdet élevée, portera à ses bouts, fixés sur lui, le polariseur et un analyseur disposé pour des mesures précises de rotation. On placera d'abord le tube horizontalement dans la position AB, puis verticalement dans la position BC et l'on mesurera, dans chaque cas, la rotation magnétique. Dans chacune de ces mesures on pourra opérer en retournant le tube bout pour bout, ce qui double les angles à mesurer.

Bien entendu, l'appareil de M. Tsaï est d'un emploi beaucoup plus rapide. Le procédé optique que j'indique ici, destiné surtout à des physiciens exercés aux mesures polarimétriques, pourrait cependant être utilisé pour contrôler d'une autre manière les appareils servant à mesurer ces courants très intenses, notamment les appareils à lecture directe. Ces courants sont actuellement, trop souvent, mesurés moins exactement que des courants de quelques ampères.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur l'application des équations de Maxwell des transformateurs à des circuits imparfaitement couplés par noyaux de fer; réglage à la résonance de basse fréquence.* Note [1] de M. **André Blondel.**

Les considérations développées dans une précédente Note [2] peuvent être étendues plus généralement à des circuits couplés à noyaux de fer, à dérivations de flux (transformateurs à circuit secondaire mobile et transformateurs à résonance de basse fréquence). On a traité jusqu'ici ces problèmes par la méthode de Maxwell; en définissant les enroulements primaire et secondaire par leurs impédances théoriques

$$\overline{Z}_1 = R_1 + j\omega L_1 = R_1 + jX_1, \qquad \overline{Z}_2 = R_1 + j\omega L_2 = R_2 + jX_2,$$

et en représentant les groupements d'inductance L et de capacité K ajoutés respectivement aux enroulements primaire et secondaire par les impédances

$$(1) \qquad \overline{Z}_0 = R_0 + jX_0 = R_0 + j\left(\omega L_0 - \frac{1}{\omega K_0}\right),$$

$$(2) \qquad \overline{Z}_3 = R_3 + jX_3 = R_3 + j\left(\omega L_3 - \frac{1}{\omega K_3}\right),$$

on tire des équations de Maxwell les intensités de courant primaire et secon-

---

(1) Séance du 17 octobre 1938.

(2) Cf. *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1605. Dans la figure, il y a lieu de lire σ' au lieu de π'; et pour l'angle O'MK lire $\pi - a + b$ au lieu de $2\pi - a - b$ (p. 1608, ligne 8).

daire $\overline{I}_1$ et $\overline{I}_2$

$$(3)\qquad \overline{I}_1 = \frac{\overline{U}_1 - \dfrac{j\omega M}{\overline{Z}_2 + \overline{Z}_3}\overline{U}_2}{R_0 + R_1 + \gamma_1^2(R_2 + R_3) + j[X_0 + X_1 - \gamma_1^2(X_2 + X_3)]},$$

$$(4)\qquad \overline{I}_2 = \frac{\dfrac{j\omega M}{\overline{Z}_0 + \overline{Z}_1}\overline{U}_1 - \overline{U}_2}{R_2 + R_3 + \gamma_2^2(R_0 + R_1) + j[X_2 + X_3 - \gamma_2^2(X_0 + X_1)]},$$

en désignant par $\gamma_1 \gamma_2$ des grandeurs auxiliaires ([3]), qui constituent des valeurs d'équivalence entre les circuits primaire et secondaire,

$$(5)\quad \gamma_1^2 = \frac{\omega^2 M^2}{(R_0 + R_1)^2 + (X_0 + \omega L_1)^2}; \qquad (6)\quad \gamma_2^2 = \frac{\omega^2 M^2}{(R_2 + R_3)^2 + (\omega L_2 + X_3)^2}.$$

Mais γ_1 et γ_2 sont beaucoup trop compliqués et ne sont pas constants.

On se propose, dans ce qui suit, d'obtenir des constantes pour facteurs de liaison, et, en même temps, de mettre en évidence les deux espèces de fuites magnétiques par des coefficients d'Hopkinson ν_1 et ν_2, et des inductances additionnelles extérieures $l_1 l_2$. Nous ramènerons, par exemple, les équations de Maxwell à un quadriborne

$$\left.\begin{array}{ll}(7) & \overline{U}_1 = \overline{A}\,\overline{U}_2 + \overline{B}\,\overline{I}_2 \\ (8) & \overline{I}_1 = \overline{C}\,\overline{U}_2 + \overline{D}\,\overline{I}_2\end{array}\right\} \text{ ayant pour } matrice \begin{vmatrix}\overline{A} & \overline{B}\\ \overline{C} & \overline{D}\end{vmatrix}, \quad \begin{array}{c}\text{et pour déterminant}\\ \overline{A}\,\overline{D} - \overline{B}\,\overline{C} = 1,\end{array}$$

d'où l'on déduit pour $\overline{I}_1$ et $\overline{I}_2$ les expressions en fonction des tensions

$$(9)\quad \overline{I}_2 = \frac{\overline{U}_1 - \overline{A}\,\overline{U}_2}{\overline{B}}; \qquad (10)\quad \overline{I}_1 = -\frac{\overline{U}_2 + \overline{D}\,\overline{U}_1}{\overline{B}};$$

et, inversement,

$$(11)\quad \overline{U}_1 = \frac{\overline{A}}{\overline{C}}\overline{I}_1 - \frac{1}{\overline{C}}\overline{I}_2; \qquad (12)\quad \overline{U}_2 = \frac{1}{\overline{C}}\overline{I}_1 - \frac{\overline{D}}{\overline{C}}\overline{I}_2.$$

En encadrant (7) et (8) entre deux impédances $\overline{Z}'$ et $\overline{Z}''$ équivalentes à deux quadribornes, de matrices $\begin{vmatrix}1 & Z'\\ 0 & 1\end{vmatrix}$ et $\begin{vmatrix}1 & Z''\\ 0 & 1\end{vmatrix}$, on trouve ainsi pour la matrice résultante de l'ensemble

$$(13)\qquad \begin{vmatrix}\overline{A} + \overline{C}\,\overline{Z}' & \overline{B} + \overline{A}\,\overline{Z}'' + (\overline{D} + \overline{C}\,\overline{Z}'')\overline{Z}'\\ \overline{C} & \overline{D} + \overline{C}\,\overline{Z}''\end{vmatrix}.$$

Un transformateur à fuites d'Hopinkson sans résistance, en appelant n_1,

([3]) A. Blondel, *Journal de Physique*, 5e série, 1908, p. 1550; voir aussi antérieurement, Bedell et Crehore, *The International Electrical Congress of Chicago*, 1893, p. 100, et Bedell, *The Electric Transformer*, 1896, p. 109-118.

n_2 les nombres de spires, m leur rapport, et M le coefficient d'induction mutuelle entre les enroulements, a pour inductances apparentes

$$L'_1 = m\varrho_1 M; \qquad L'_2 = \frac{\varrho_2}{M} M; \qquad \text{d'où} \qquad \frac{L'_1}{L'_2} = m^2 \frac{\varrho_1}{\varrho_2}.$$

Et les équations de Maxwell sont, en supposant $\bar{I}_2$ de signe contraire à $\bar{I}_1$

$$(14) \qquad \bar{U}_1 = j\omega L_1 \bar{I}_1 - j\omega M \bar{I}_2,$$

$$(15) \qquad \bar{U}_2 = j\omega M \bar{I}_1 - j\omega L'_2 \bar{I}_2.$$

En tirant $\bar{I}_1$ de la seconde équation, et en remarquant que

$$\frac{\varrho_2}{m} L'_1 - M = (\varrho_1 \varrho_2 - 1) M,$$

on en tire le quadriborne du transformateur considéré

$$\left.\begin{aligned} (16) \quad & \bar{U}_1 = m\varrho_1 \bar{U}_2 + j\omega(\varrho_1\varrho_2 - 1) M \bar{I}_2 \\ (17) \quad & \bar{I}_1 = \frac{\bar{U}_2}{j\omega M} + \frac{\varrho_2}{m} \bar{I}_2 \end{aligned}\right\} \quad \text{et la matrice} \quad \begin{vmatrix} m\varrho_1 & j\omega(\varrho_1\varrho_2 - 1)M \\ \dfrac{1}{j\omega M} & \dfrac{\varrho_2}{m} \end{vmatrix},$$

En bloquant la résistance de chaque bobine avec la réactance de fuites de Kapp correspondante, encadrons ce transformateur théorique entre deux impédances $\bar{z}_1 = R_1 + j\omega l$ et $\bar{z}_2 = R_2 + j\omega l_2$; on en déduit

$$\bar{Z}_1 = j\omega m\varrho_1 M + \bar{z}_1 \qquad \text{et} \qquad \bar{Z}_2 = j\omega \frac{\varrho_2}{m} M + \bar{z}_2.$$

On définit aussi le coefficient de dispersion $\sigma' = 1 - 1/\varrho_1\varrho_2$; la matrice résultante du transformateur à deux types de fuites est alors, d'après (13)

$$(18) \quad \begin{vmatrix} \dfrac{\bar{Z}_1}{j\omega M} & j\omega\sigma' \varrho_1 \varrho M + \dfrac{\varrho_2}{m} \bar{z}_1 + m\varrho_1 \bar{z}_2 \\ \dfrac{1}{j\omega M} & \dfrac{\bar{Z}_2}{j\omega M} \end{vmatrix} \quad \text{ou bien} \quad (19) \quad \begin{vmatrix} \dfrac{\bar{Z}_1}{j\omega M} & \begin{cases} m\varrho_1 \bar{Z}_{a_2} \\ \text{ou} \\ \dfrac{\varrho_2}{m} \bar{Z}_{a_1} \end{cases} \\ \dfrac{1}{j\omega M} & \dfrac{\bar{Z}_2}{j\omega M} \end{vmatrix},$$

avec

$$(20) \quad \bar{Z}_{a_1} = j\omega\sigma' L'_1 + \bar{z}_1 + \frac{\varrho_1}{\varrho_2} m^2 \bar{z}_2, \qquad \text{et} \qquad (21) \quad \bar{Z}_{a_2} = j\omega\sigma' L'_2 + \bar{z}_2 + \frac{\varrho_2}{\varrho_1} \frac{\bar{z}_1}{m^2},$$

on en déduit

$$\bar{I}_2 = \frac{\bar{U}_1 - \dfrac{Z_1}{j\omega M} \bar{U}_2}{\dfrac{\varrho_2}{m} \bar{Z}_{a_1}}, \qquad \bar{I}_1 = \frac{\dfrac{Z_1}{j\omega M} \bar{U}_1 - \bar{U}_2}{\varrho_1 m \bar{Z}_{a_2}}.$$

Supposons maintenant le transformateur à doubles fuites encadré entre les impédances (1) et (2); la matrice de l'ensemble est, par (13) :

$$(22)\quad \left|\begin{array}{ll} A_0 = \dfrac{\overline{Z}_0 + \overline{Z}_1}{j\omega M} & B_0 = \begin{cases} m\varphi_1 \overline{Z}_{a2} + \dfrac{\overline{Z}_1}{j\omega M}\left(\overline{Z}_3 + \dfrac{\overline{Z}_1}{\overline{Z}_2} Z_0\right) + \dfrac{Z_0 Z_3}{j\omega M} \\ \text{ou bien} \\ \dfrac{\varphi_1}{m}\overline{Z}_{a1} + \dfrac{\overline{Z}_2}{j\omega M}\left(\overline{Z}_0 + \dfrac{\overline{Z}_1}{\overline{Z}_2}\overline{Z}_3\right) + \dfrac{\overline{Z}_0\overline{Z}_3}{j\omega M} \end{cases} \\ C_0 = \dfrac{1}{j\omega M} & D_0 = \dfrac{\overline{Z}_2 + \overline{Z}_3}{j\omega M} \end{array}\right|.$$

Dans les équations (7) à (12), $\overline{A}$, $\overline{B}$, $\overline{C}$, $\overline{D}$ sont à remplacer par $\overline{A}_0$, $\overline{B}_0$, $\overline{C}_0$, $\overline{D}_0$ de la matrice (22). Dans (9) et (10) le dénominateur commun B_0 peut être simplifié, en pratique, parce que sensiblement $\overline{Z}_1/\overline{Z}_2 \simeq (\varphi_1/\varphi_2)m^2$, et φ_1 diffère peu de $\overline{Z}_1/j\omega M$ et φ_2/m de $\overline{Z}_2/j\omega M$. Les termes $Z_0 Z_3/j\omega M$ sont, en général, très faibles relativement. D'où l'on a

$$\overline{B}_0 \approx \frac{\overline{Z}_1}{j\omega M}\left[\overline{Z}_{a2} + \frac{\overline{Z}_2}{\overline{Z}_1}\overline{Z}_0 + \overline{Z}_3\left(1 + \frac{Z_0}{Z_1}\right)\right] \approx \varphi_1 m\left[\overline{Z}_{a2} + \frac{\varphi_2}{\varphi_1 m^2}\overline{Z}_0 + \overline{Z}_3\right] + \frac{\overline{Z}_0\overline{Z}_3}{j\omega M},$$

$$\overline{B}_0 \approx \frac{\overline{Z}_2}{j\omega M}\left[\overline{Z}_{a1} + \frac{\overline{Z}_2}{\overline{Z}_1}\overline{Z}_3 + \overline{Z}_0\left(1 + \frac{\overline{Z}_3}{\overline{Z}_2}\right)\right] \approx \frac{\varphi_2}{m}\left(\overline{Z}_{a1} + \frac{\varphi_1 m^2}{\varphi_2}\overline{Z}_3 + Z_0\right] + \frac{\overline{Z}_0\overline{Z}_3}{j\omega M}.$$

Dans le montage des transformateurs à résonance, le secondaire est fermé sur l'impédance Z_3 et, par suite, $U_2 = 0$, et il reste, pour $\overline{I}_1$ et $\overline{I}_2$, au lieu de (3) et (4), les expressions développées

$$(23)\qquad \overline{I}_2 = \frac{\overline{U}_1}{m\varphi_1\left[R_2 + R_3 + \dfrac{\varphi_2}{\varphi_1 m^2}(R_0 + R_1) + j\left(X_3 + \dfrac{\varphi_2}{\varphi_1 m^2}X_0 + \omega Z_{a2}\right)\right]},$$

$$(24)\qquad \overline{I}_1 = \overline{D}_0\overline{I}_2 = \frac{\overline{Z}_2 + \overline{Z}_3}{j\omega M}\overline{I}_2 = \frac{R_2 + R_3 + j(X_3 + \omega L_{a2})}{j\omega M}\overline{I}_2,$$

avec

$$L_{a2} = \sigma' L'_2 + l_2 + \frac{\varphi_0}{\varphi_1 m^2} l_1 \qquad \text{et} \qquad L_{a1} = \frac{\varphi_1 m^2}{\varphi_2} L_{a2}.$$

Les forces électromotrices induites internes (auxquelles les inductions dans le fer sont proportionnelles), se déduisent des U_1 et U_2 par

$$\overline{E}_1 = \overline{U}_1 - (\overline{Z}_0 + \overline{z}_1) I_1 \qquad \text{et} \qquad \overline{E}_2 = \overline{U}_2 + (Z_3 + \overline{z}_2)\overline{I}_2.$$

Si σ' est nul ($\varphi_1 = \varphi_2 = 1$), on a $\overline{E}_1 = m\overline{E}_2$ et les inductions sont égales.

Ce sont les termes en σ' qui créent une inégalité. On a explicitement

$$\sigma' L'_1 = mM\left(\rho_1 - \frac{1}{\rho_2}\right) \qquad \text{et} \qquad \sigma' L'_2 = \frac{M}{m}\left(\rho_2 - \frac{1}{\rho_1}\right).$$

Le réglage à la résonance correspond au maximum de I_2, et, par suite, à l'annulation de la réactance totale au dénominateur; la condition est

$$(25) \qquad \omega L_3 - \frac{1}{\omega K_3} + \frac{\rho_2}{\rho_1 m_2}\left(\omega L_0 - \frac{1}{\omega K_0}\right) + \omega\left(\sigma' L'_2 + l_2 + \frac{\rho_2}{\rho_1 m_2} l_2\right) = 0;$$

ou bien

$$(26) \qquad \omega(L_3 + \sigma' L'_2 + l_2) + \frac{\rho_2}{\rho_1 m^2}(\omega L_0 + l_1) - \frac{1}{\omega}\left(\frac{1}{K_3} + \frac{\rho_2}{\rho_1} m^2 \frac{1}{K_3}\right) = 0$$

(car on peut dans la pratique négliger le terme $X_k X_z$ divisé par ωM). En fait, on ne conserve jamais quatre éléments variables $L_0 L_3 K_0 K_3$, et, l'annulation de l'un ou l'autre de ces éléments simplifie la condition. Quand l_1 et l_2 sont négligeables, l'inductance apparente $\sigma' L'_1$ ou $\sigma' L'_2$ joue un rôle important et permet de réduire les inductances L_0 et L_3.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les actions électrostatiques dans un système de corps isotropes.* Note [1] de M. **Louis Roy**.

Les actions électromagnétiques et électriques, qui font l'objet de deux Notes antérieures [2], concernent, à un instant quelconque, un système en mouvement au sens large de l'Énergétique. Coïncident-elles comme cas particulier, c'est-à-dire en réduisant le champ magnétique total $(\mathfrak{X}, \mathfrak{Y}, \mathfrak{Z})$ au champ dû à la seule aimantation et le champ électrique total $(\mathbf{X}, \mathbf{Y}, \mathbf{Z})$ au champ électrostatique (X, Y, Z), avec les actions magnétiques et électrostatiques auxquelles conduit la considération du même système supposé en équilibre magnétique et électrique? La réponse est entièrement affirmative pour les premières, incomplètement pour les secondes, et la présence des courants électriques dans l'état de mouvement explique cette différence.

Dans l'une et l'autre théorie intervient en effet l'expression

$$\mathrm{I} = \int_{\varpi} \mathrm{V}\, \delta[(e + \mathrm{E})\, d\varpi] + \int_{\mathrm{S}} \mathrm{V}\, \delta[(\sigma + \Sigma)\, d\mathrm{S}],$$

(1) Séance du 10 octobre 1938.

(2) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 659 et 757.

V étant le potentiel électrique, ϖ et S le volume total et la surface totale des différents corps du système et δ désignant, soit la variation éprouvée par chaque quantité entre crochets entre les instants t et $t+dt$ dans le cas de la théorie dynamique, soit sa variation virtuelle dans la théorie statique. Or cette expression se transforme de façon toute différente dans l'un et l'autre cas.

Dans le premier, les équations indéfinie et superficielle de continuité du courant total de densité (f, g, h) peuvent s'écrire en effet ([3])

$$\left|\frac{\partial f}{\partial x}\right| dt\,d\varpi + \delta[(e+\mathrm{E})\,d\varpi] = 0,$$
$$|f\alpha|\,dt\,d\mathrm{S} + \delta[(\sigma+\Sigma)\,d\mathrm{S}] = 0,$$

les cosinus directeurs α, β, γ étant relatifs à la demi-normale intérieure; d'où l'on déduit

$$\mathrm{I} = dt\int_{\varpi}\left|f\frac{\partial \mathrm{V}}{\partial x}\right| d\varpi,$$

expression destinée à se réduire avec d'autres termes de l'équation fondamentale.

Dans le second, on est conduit à écrire

$$\mathrm{I} = \int_{\varpi} \mathrm{V}\,\delta(\mathrm{E}\,d\varpi) + \int_{\mathrm{S}} \mathrm{V}\,\delta(\Sigma\,d\mathrm{S}) + \int_{\varpi+\mathrm{S}} \mathrm{V}\,\delta\,dq,$$

dq désignant un élément de charge réelle $e\,d\varpi$ ou $\sigma\,d\mathrm{S}$; la dernière intégrale intervient dans l'une des conditions de l'équilibre électrique du système, tandis que le développement des deux autres ne rappelle en rien le précédent résultat.

La théorie statique conduit ainsi aux résultats suivants :

I. *Diélectrique parfaitement doux déformable.* — En chaque point de la surface d'un tel diélectrique s'exerce la tension normale

$$2\pi\varepsilon(\sigma+\Sigma)^2 + |\mathrm{AX}| - \mathrm{G},$$

comptée positivement vers l'extérieur du corps, et la pression de composantes $(\mathrm{X}, \mathrm{Y}, \mathrm{Z})\sigma$ ([4]).

En chaque point intérieur de ce diélectrique s'exerce la force par unité

([3]) L. Roy, *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse,* 3e série, 15, 1923, p. 210.

([4]) Sur la signification du vecteur (X, Y, Z) sur S, même observation qu'en notre précédente Note.

de volume de composantes

$$-\frac{\rho}{k}\frac{\partial k}{\partial \rho}\left(X\frac{\partial A}{\partial x}+Y\frac{\partial B}{\partial x}+Z\frac{\partial C}{\partial x}\right)+\frac{\partial G}{\partial \rho}\frac{\partial \rho}{\partial x}+\frac{\partial G}{\partial T}\frac{\partial T}{\partial x}, \quad \ldots$$

La résultante et le moment résultant des forces élémentaires correspondantes restent calculables par la même règle que dans l'état dynamique, sauf que le couple par unité de volume (BZ — CY, ...) n'existe plus.

II. *Diélectrique rigide.* — Si le diélectrique est permanent, la résultante et le moment résultant des forces électrostatiques qui s'exercent sur lui restent calculables par la même règle que dans l'état dynamique.

Si le diélectrique est parfaitement doux, la règle donnée dans l'état dynamique reste valable, sauf que le couple par unité de volume est devenu

$$-BZ'+CY', \quad -CX'+AZ', \quad -AY'+BX',$$

(X', Y', Z') désignant le champ électrostatique dû au seul diélectrique considéré.

En particulier, si le système n'est pas électrisé $[(e, \sigma)=0]$, chacun des trois diélectriques considérés se comporte, dans l'état d'équilibre et au point de vue résultante et moment résultant, comme l'aimant qui lui correspond; tandis que, dans l'état dynamique, tous trois se comportent au même point de vue comme un aimant permanent rigide.

GÉODÉSIE. — *Mesures de gravité aux Iles Philippines.* Note (¹) de M. **Pierre Lejay.**

Le tableau suivant donne les valeurs de la gravité obtenues au cours d'une campagne aux Philippines dans les îles de Luzon et Panay à l'aide de deux gravimètres Holweck-Lejay (nᵒˢ 42 et 622). Valeur de base : Manille (Observatoire), $g=978{,}360$, trouvée par le *Coast and Geodic Survey*, voisine de celle que nous avions nous-même déterminée en 1934 (978,359).

Les valeurs normales sur l'ellipsoïde international sont seules données; celles sur l'ellipsoïde de Helmert (1901) sont plus faibles de $18{,}5\pm0{,}3$ milligals.

On donne dans les deux dernières colonnes les différences entre les valeurs obtenues par chacun des pendules et la valeur adoptée; les discordances indiquent le degré de précision des mesures.

(¹) Séance du 2 novembre 1938.

Stations.	Latitude.	Longitude Greenwich.	Alt.	δ.	Dates.	g.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	Δ.	Δ.
	° ′	° ′	mètres		1938	Adopté	gals	gals	gals	mgals	mgals	622	42
a-Wei	31.11,5	121.25,7	7	2,5	15– I	979,436	979,438	979,437	979,432	6	5	–	–
lle.	14.34,7	120.58,9	4	2,5	28 »	978,360	978,361	978,361	978,375	—14	—14	+1	0
n	12. 0,0	120.12,2	5	2,6	31 »	978,324	978,326	978,325	978,272	54	53	0	0
on	11.53,7	120. 1,2	20	2,6	1– II	978,316	978,322	978,320	978,268	54	52	0	0
	10.51,2	121. 0,4	5	2,4	2 »	978,287	978,289	978,288	978,232	57	56	–	–
may	10.10,5	119.13,6	3	2,5	3 »	978,268	978,269	978,269	978,212	57	57	0	+1
ig	9.45	118.39,5	11	2,6	4 »	978,236	978,240	978,238	978,197	43	41	—1	+2
to Princessa	9.44	118.43,5	20	2,5	4 »	978,237	978,243	978,241	978,196	47	45	—1	+1
sag	10.28,2	119.52,5	0	2,5	5 »	978,284	978,284	978,284	978,219	65	65	–	–
elli	10.34	119.59,5	3	2,5	5 »	978,283	978,284	978,284	978,222	62	62	–	–
o	10.51,4	121. 0,4	5	2,4	6 »	978,287	978,289	978,288	978,232	57	56	0	—1
ille	14.34,7	120.58,9	4	2,5	9 »	978,360	–	–	–	–	–	+1	—3
te	14.29	120.54,5	3	2,4	11 »	978,336	978,337	978,337	978,371	—34	—34	0	—1
aliches	14.44,5	121. 3,8	111	2,6	12 »	978,387	978,421	978,409	978,382	39	27	0	0
natuan	15.29,4	120.57,7	30	2,6	15 »	978,410	978,420	978,416	978,416	4	0	+2	—3
José	15.47,5	120.59,2	120	2,6	15 »	978,447	978,484	978,471	978,430	54	41	–	–
te	16. 7,2	120.56,3	870	2,7	15 »	978,313	978,580	978,479	978,446	134	33	–	–
ao	16.17,5	121. 1,7	390	2,6	15 »	978,413	978,533	978,489	978,453	80	36	–	–
mbong	16.29,2	121. 9,2	275	2,6	15 »	978,431	978,516	978,485	978,464	52	21	+2	—3
gan	16.46,7	121. 5,3	740	2,6	15 »	978,318	978,545	978,463	978,478	67	—15	0	—1
oc	17. 5,6	120.58,5	900	2,6	16 »	978,336	978,612	978,512	978,494	118	18	–	–
agan	17.21,4	121.10,2	815	2,7	16 »	978,359	978,609	978,514	978,507	102	7	–	–
o	17.13,8	121. 6,5	600	2,7	17 »	978,396	978,580	978,510	978,501	79	9	–	–
antes	16.59,3	120.44,3	500	2,6	18 »	978,432	978,585	978,530	978,489	96	41	0	0
gorio del Pilar	16.58,6	120.37,8	1430	2,6	18 »	978,237	978,674	978,517	978,488	186	29	–	–
din	16.56,2	120.26,7	20	2,5	18 »	978,498	978,504	978,502	978,486	18	16	0	0
ngilang	17.36,8	120.43,9	100	2,6	19 »	978,543	978,574	978,563	978,520	54	43	–	–
ai	17.35	120.23,3	25	2,5	19 »	978,533	978,541	978,538	978,519	22	19	–	–
oc	17.55,8	120.28,5	25	2,5	19 »	978,621	978,629	978,626	978,537	92	89	—2	+2
g	18.11,8	120.35,5	15	2,5	20 »	978,640	978,645	978,643	978,551	94	92	–	–
a	17.59	120.39,5	85	2,6	20 »	978,570	978,597	978,587	978,540	57	47	–	–
ig	18.10	120.43	67	2,6	20 »	978,579	978,600	978,592	978,550	50	42	–	–
Bojeador	18.31	120.36	103	2,6	20 »	978,714	978,746	978,734	978,568	178	166	—2	+2
aria	18.36,3	121. 4,8	3	2,6	21 »	978,691	978,692	978,692	978,573	119	119	—4	+3
plona	18.29,3	121.19,8	15	2,5	21 »	978,656	978,661	978,659	978,566	95	93	–	–
lo	18.12,3	121.39,7	15	2,5	22 »	978,610	978,615	978,613	978,552	63	61	–	–
egarao	17.36,9	121.43,8	24	2,5	22 »	978,500	978,508	978,505	978,521	—13	—16	–	–
	17.47,5	121.28,5	39	2,6	22 »	978,502	978,514	978,510	978,530	—16	—20	–	–
an	17. 8,5	121.53,3	20	2,5	23 »	978,516	978,522	978,520	978,496	26	24	–	–
ague	16.42,5	121.40,4	60	2,5	23 »	978,488	978,507	978,500	978,475	32	25	–	–
ombong	16.29,2	121. 9,2	275	2,6	24 »	978,434	978,519	978,488	978,464	55	24	—1	+2
ue	16.55	121. 3,8	1237	2,7	24 »	978,254	978,633	978,491	978,485	148	6	–	–
t Polis	16.58,5	121. 1,7	1910	2,7	24 »	978,124	978,708	978,487	978,488	220	— 1	–	–
t Data	16.51,7	120.52,5	1900	2,7	25 »	978,098	978,679	978,459	978,482	197	—23	0	+1
ht's place	16.37,7	120.44,5	2400	2,7	26 »	978,072	978,805	978,528	978,471	334	57	–	–
p 30 (Sapiangao)	16.32,3	120.42,1	1670	2,7	26 »	978,177	978,688	978,495	978,466	222	29	–	–
io	16.24,7	120.36	1512	2,7	26 »	978,192	978,654	978,479	978,460	194	19	0	0
on	16.21,8	120.40,7	742	2,7	27 »	978,342	978,570	978,483	978,458	112	25	–	–
goyan	16.29,3	120.45,8	740	2,7	27 »	978,348	978,575	978,489	978,464	111	25	–	–

Stations.	Latitude.	Longitude Greenwich.	Alt.	δ.	Dates.	g.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	Δ.	Δ.
	° ′	° ′	mètres		1938	Adopté	gals	gals	gals	mgals	mgals	622	42
Long Beach	16.34,7	120.19,5	3	2,4	28–II	978,493	978,494	978,494	978,468	26	26	–	–
San Fabian	16. 7,4	120.24,2	6	2,4	28 »	978,452	978,454	978,453	978,446	8	7	–	–
Binalonan	16. 3	120.35,5	43	2,5	28 »	978,385	978,398	978,394	978,443	—45	—49	–	–
Lingayen	16. 1,5	120.14	5	2,5	28 »	978,553	978,555	978,554	978,442	113	112	–	–
Lucab	16.11,5	119.59,9	3	2,5	1–III	978,581	978,582	978,582	978,449	133	133	0	0
Infanta	15.49,6	119.54,3	5	2,5	1 »	978,597	978,599	978,598	978,432	167	166	–	–
Camp de la Bengued	15.34	120. 5,2	152	2,8	1 »	978,537	978,584	978,565	978,420	164	145	–	–
Iba	15.19,7	119.58,8	6	2,5	2 »	978,519	978,521	978,520	978,409	112	111	–	–
Dinalupihan	14.52,3	120.28	130	2,6	2 »	978,428	978,468	978,454	978,388	80	66	–	–
Manille	14.34,7	120.58,9	4	2,5	3 »	978,360	–	–	–	–	–	—1	0
Fort Mc Kinley	14.33,5	121. 2,3	40	2,5	6 »	978,393	–	–	–	–	–	—2	+3
Manille	14.34,7	120.58,9	4	2,5	7 »	978,360	–	–	–	–	–	0	+4
Santa Isabel	14.50,3	120.50	7	2,5	10 »	978,344	978,346	978,345	978,387	—41	—42	–	–
Bamban	15.16,8	120.34	69	2,6	10 »	978,398	978,420	978,412	978,407	13	5	0	0
Tarlac	15.29,4	120.35,4	41	2,5	10 »	978,407	978,420	978,415	978,416	4	— 1	–	–
Camiling	15.41,3	120.24,8	15	2,5	10 »	978,491	978,496	978,494	978,426	70	68	–	–
Carmen	15.53,3	120.35,9	26	2,5	11 »	978,388	978,396	978,393	978,435	—39	—42	–	–
Umigan	15.55,7	120.50,4	106	2,5	11 »	978,431	978,464	978,452	978,437	27	15	–	–
Boundary Gate	15.40,5	121.18,3	653	2,7	11 »	978,349	978,549	978,474	978,425	124	49	–	–
Sibur Springs	15.10,2	121. 3,5	50	2,6	12 »	978,433	978,449	978,443	978,402	47	41	–	–
Cabayo	15.15,1	120.51,5	16	2,5	12 »	978,367	978,372	978,370	978,405	—33	—35	–	–
Arayat	15. 9,3	120.46,3	12	2,5	12 »	978,364	978,368	978,366	978,401	—33	—35	–	–
Magabang	15.12	120.39,5	37	2,5	12 »	978,375	978,387	978,383	978,403	—16	—20	–	–
Ipo	14.52,3	121. 8,8	71	2,7	12 »	978,420	978,442	978,434	978,388	54	46	–	–
Manille	14.34,7	120.58,9	4	2,5	13 »	978,360	–	–	–	–	–	—2	0
San Pablo	14. 4,3	121.19,5	119	2,6	14 »	978,345	978,382	978.369	978,353	29	16	–	–
Lucena	13.56,1	121.36,5	14	2,5	14 »	978,357	978,362	978,360	978,348	14	12	–	–
Gumaca	13.55,3	122. 6	4	2,6	14 »	978,382	978,383	978,383	978,347	36	36	–	–
Antimonan	14. 0,2	121.55,3	3	2,6	14 »	978,408	978,409	978,409	978,350	59	59	–	–
Malinao	13.59	121.49	213	2,7	15 »	978,373	978,439	978,414	978,350	89	64	–	–
Tayabas	14. 1,8	121.35,3	195	2,6	15 »	978,320	978,380	978,359	978,352	28	7	–	–
Candelaria	13.55,8	121.25,3	71	2,6	15 »	978,331	978,353	978,345	978,347	6	— 2	–	–
San Juan	13.49,6	121.23,6	17	2,6	15 »	978,346	978,352	978,349	978,343	9	6	–	–
Batangas	13.45,4	121. 3,5	5	2,5	15 »	978,351	978,353	978,352	978,340	13	12	–	–
Taal	13.52,5	120.55,3	33	2,6	16 »	978,353	978,363	978,360	978,345	18	15	–	–
Lian	14. 2,4	120.39	9	2,6	16 »	978,328	978,331	978,330	978,352	—21	—22	–	–
Alfonso	14. 8,2	120.51,3	633	2,6	16 »	978,218	978,412	978,342	978,356	56	—14	–	–
Silang	14.13,5	120.58,3	308	2,6	16 »	978,295	978,390	978,355	978,360	30	— 5	–	–
Manille	14.34,7	120.58,9	4	2,5	20 »	978,360	–	–	–	–	–	0	+1
Sipocot	13.46	122.59,5	11	2,6	21 »	978,361	978,365	978,363	978,341	24	22	–	–
Paracale	14.17	122.47	5	2,6	22 »	978,425	978,427	978,426	978,362	65	64	0	+1
Daet	14. 6,8	122.57,2	17	2,6	22 »	978,404	978,410	978,407	978,355	55	52	–	–
Naga	13.37,3	123.10,8	5	2,6	22 »	978,375	978,377	978,376	978,335	42	41	–	–
Pasacao	13.31	123. 2,5	3	2,7	23 »	978,383	978,384	978,384	978,330	54	54	–	–
Lagonoy	13.44	123.31	8	2,7	23 »	978,398	978,401	978,400	978,339	62	61	–	–
Tigaon	13.38,2	123.29,8	49	2,6	23 »	978,359	978,374	978,369	978,335	39	34	–	–
Consocep	13.37	123.25	532	2,6	23 »	978,266	978,429	978,370	978,334	95	36	–	–
Iriga	13.25	123.24,5	20	2,6	23 »	978,350	978,356	978,354	978,326	30	28	–	–
Buhi	13.25	123.30	84	2,6	24 »	978,337	978,363	978,354	978,326	37	28	–	–
Polangui	13.17,3	123.29	23	2,5	24 »	978,337	978,344	978,342	978,321	23	21	–	–
Tabaco	13.21,5	123.44	5	2,6	24 »	978,345	978,347	978,346	978,324	23	22	–	–

Stations.	Latitude.	Longitude Greenwich.	Alt.	δ.	Dates.	g.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	Δ.	Δ.
	° ′	° ′	mètres		1938	Adopté	gals	gals	gals	mgals	mgals	622	42
wi Springs............	13.27,8	123.40	5	2,6	24-III	978,359	978,361	978,360	978,328	33	32	–	–
yon....................	13.16	123.40	773	2,6	25 »	978,185	978,423	978,336	978,320	103	16	—1	+2
bat....................	12.55,5	124. 7,5	5	2,6	25 »	978,359	978,361	978,360	978,307	54	53	–	–
lusan..................	12.45,5	124. 8	10	2,6	25 »	978,348	978,351	978,350	978,300	51	50	–	–
lan....................	12.40	123.52,5	4	2,6	26 »	978,341	978,342	978,342	978,297	45	45	–	–
osin....................	12.42,5	124. 2	52	2,6	26 »	978,342	978,358	978,352	978,298	60	54	–	–
sigaran................	12.52,7	124. 0,5	48	2,6	26 »	978,331	978,346	978,341	978,305	41	36	–	–
rsogon................	12.58	124. 0	3	2,5	26 »	978,324	978,325	978,325	978,309	16	16	–	–
tiao...................	13. 1,3	123.43	17	2,6	26 »	978,339	978,345	978,342	978,310	35	32	–	–
olba..................	13. 9,5	123.27	70	2,6	27 »	978,348	978,370	978,362	978,316	54	46	–	–
inobatan.............	13.11,4	123.36	75	2,6	27 »	978,353	978,376	978,368	978,317	59	51	–	–
gazpi..................	13. 8,4	123.44	4	2,5	27 »	978,336	978,337	978,337	978,315	22	22	—1	+2
nille..................	14.34,7	120.58,9	4	2,5	31 »	978,360						0	0
nate..................	11. 0,2	122.49,2	3	2,6	6-IV	978,313	978,314	978,314	978,237	77	77	–	–
ra......................	11.15,7	123. 0,6	18	2,6	6 »	978,327	978,333	978,331	978,245	88	86	–	–
tancia................	11.27,5	123. 9,2	15	2,6	7 »	978,317	978,322	978,320	978,252	70	68	0	+1
piz....................	11.35,1	122.45,2	15	2,6	7 »	978,313	978,318	978,316	978,257	61	59	–	–
malag................	11.18,4	122.37,3	32	2,7	7 »	978,263	978,273	978,269	978,247	26	22	–	–
tavas..................	11.32,3	122.29,5	17	2,6	7 »	978,321	978,327	978,324	978,255	72	69	–	–
rrio Polo-Banga.......	11.35,8	122.18,5	36	2,7	7 »	978,298	978,309	978,305	978,257	52	48	–	–
libo....................	11.42,8	122.21,8	6	2,6	8 »	978,323	978,325	978,324	978,261	64	63	–	–
rotac Nuevo..........	10.53,7	122.42,2	10	2,6	8 »	978,264	978,267	978,266	978,233	34	33	–	–
enas..................	11. 3,3	122.38	28	2,6	8 »	978,280	978,289	978,286	978,238	51	48	–	–
agao..................	10.38,7	122.14,2	15	2,6	9 »	978,215	978,220	978,218	978,225	— 5	— 7	–	–
rbasa..................	11.11,9	122. 2,2	16	2,6	9 »	978,240	978,245	978,243	978,243	2	0	–	–
gasong................	11. 2,6	122. 3,9	18	2,6	9 »	978,203	978,209	978,207	978,238	—29	—31	–	–
n José................	10.44,7	121.56,2	7	2,5	10 »	978,227	978,229	978,228	978,228	1	0	—4	+3
batuan................	10.52,8	122.28,9	68	2,6	10 »	978,220	978,241	978,233	978,232	9	1	–	–
o.......................	10.43,8	122.33,3	20	2,5	10 »	978,246	978,252	978,250	978,227	25	23	–	–
ilo.....................	10.41,8	122.34,2	6	2,5	11 »	978,269	978,271	978,270	978,226	45	44	–	–

COMMISSIONS.

Par l'unanimité de 46 suffrages MM. **L. Lecornu**, **J. Hadamard**, **R. Bourgeois**, **É. Borel**, **M. Brillouin**, **J. Drach**, **J. Chazy** sont désignés pour former, joints au Bureau de l'Académie, la Commission du prix *Albert Ier de Monaco*.

CORRESPONDANCE.

STATISTIQUE. — *Le débit de crue médian au cours des années.* Note [1] de M. **Emil J. Gumbel**, présentée par M. Émile Borel.

Le débit de crue médian u_0 en fonction du nombre d'années T_0 est [2]

$$(1) \qquad u_0(T_0) = b \operatorname{Exp}(\lg\tau : a), \qquad [1 - \Phi(\lg\tau)]\, T_0 = 3{,}79807 \,.\, 10^{-3},$$

Φ étant l'intégrale de Gauss, b la médiane des débits journaliers, et $1 : a$ proportionnel au logarithme du quotient des deux quartiles des débits journaliers. On en tire facilement une relation linéaire entre $\lg\tau$ et $\lg T_0$ valable pour les débits de crue médians réduits $2{,}6 < \lg\tau < 3$, c'est-à-dire pour un intervalle de temps limité, disons $16 < T_0 < 170$. Car on obtient, par développement en série autour de $\log\tau' = 2{,}8$,

$$\frac{d \lg\tau}{d \lg T_0} = \frac{1 - \Phi(\lg\tau')}{2 \operatorname{Exp}(-\lg^2\tau') : \sqrt{\pi}} + (\lg\tau - \lg\tau')\left[-1 + 2\lg\tau' \frac{1 - \Phi(\lg\tau')}{2 \operatorname{Exp}(-\lg^2\tau') : \sqrt{\pi}}\right] + \ldots$$
$$= 0{,}16884 + (\lg\tau - 2{,}8)\, 0{,}0545 + \ldots.$$

Le premier facteur est sensiblement égal au quotient des différences pour les limites de l'intervalle

$$\log e \frac{\Delta \lg\tau}{\Delta \log T_0} = \frac{0{,}43429\,(3{,}0 - 2{,}6)}{2{,}23517 - 1{,}20676} = 0{,}16892.$$

Puisque le deuxième facteur n'a qu'une petite influence dans l'intervalle envisagé, on peut poser approximativement

$$(2) \qquad \lg\tau(T_0) = A + 0{,}16884 \lg T_0,$$

d'où résulte, d'après (1),

$$(3) \qquad u_0(T_0) = b\, e^{A : a}\, T_0^{0{,}16884 : a}.$$

Dans l'intervalle envisagé, l'augmentation du logarithme du débit de

---

[1] Séance du 24 octobre 1938.

[2] *Comptes rendus,* 206, 1938, p. 558.

crue médian est indépendante du temps et proportionnelle à $1:a$. Car

$$\frac{d\log u_0(T_0)}{d\log T_0} = \frac{0,16884}{a}. \tag{4}$$

Une autre approximation, valable pour de petites valeurs de $1:a$ et de courtes durées T_0, est, d'après (1) et (2),

$$u_0(T_0) = u_0(50)\,\mathrm{Exp}[0,16884(\log T_0 - \log 50):a\log e].$$

$$u_0(T_0) = u_0(50)[1 + (\log T_0 - \log 50)\,0,38877 : a]. \tag{5}$$

Le débit de crue médian devient, aux conditions énoncées, une fonction linéaire du logarithme du nombre d'années. Une formule analogue, mais de signification différente et purement empirique, est due à M. Fuller [3].

Pour la prévision des inondations, on pose, d'après (1),

$$\log u_0(T_0) = \log\tilde{u}(1) + [\lg\tau(T_0) - 2,0466]\log e : a, \tag{6}$$

$\tilde{u}(1)$ étant le débit de crue médian annuel tiré de la répartition observée des débits de crue. On identifie les plus grands débits de crue observés $'u(T)$ jusqu'à une époque T, dite année à saut, aux débits de crue médians $u_0(T)$. On introduit d'après (1) les valeurs $\lg\tau(T)$ correspondantes. Enfin, n étant le nombre des années à saut, on détermine la seule constante $\log e : a$ par la méthode des moindres carrés suivant

$$[\Sigma\log{}'u(T) - n\log\tilde{u}(1)] : [\Sigma\lg\tau(T) - 2,0466n] = \log e : a. \tag{7}$$

Pour le Tennessee River, 1875-1931 [4], le plus grand débit de crue a été observé en 1875. Soit 1931 l'année $T = 1$, et tournons le regard vers les temps passés. Alors on obtient, à l'aide des $n = 7$ années à saut contenues dans le tableau ci-après et du débit de crue annuel moyen $\tilde{u}(1) = 201.10^3$ pieds cubes par seconde, l'équation

$$\log u_0(T_0) = 4,7943 + 0,2486\lg\tau(T_0). \tag{8}$$

La courbe u_0 en fonction de $\log T_0$, tracée à l'aide de (1), au milieu de la figure est sensiblement linéaire. En plus, nous traçons les années T_1 et T_2 correspondant aux deux quartiles des débits de crue, d'après les formules

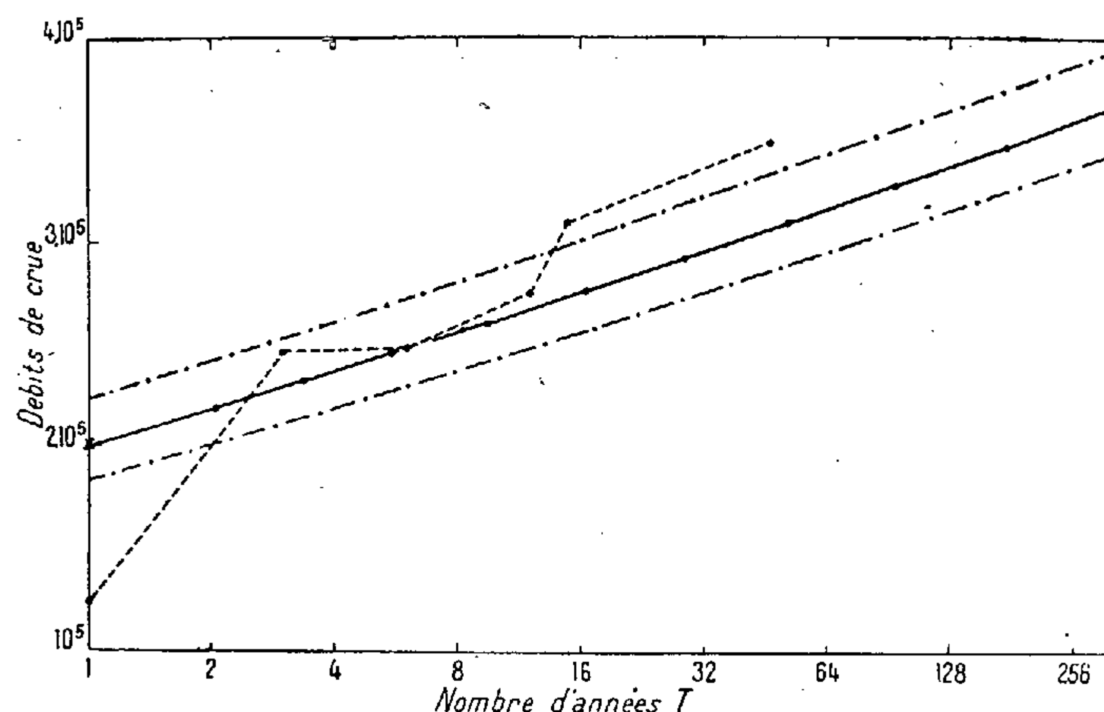
(3) W. E. Fuller, *Flood Flows, Trans. Amer. Soc. Civil Eng.*, 77, 1914, p. 564.

(4) *Flood Flows; Water Supply Paper* 771, Washington, 1936, p. 400.

générales

(9) $$\log T_1 = \log T_0 + 0,303, \qquad \log T_2 = \log T_0 - 0,382.$$

Compte tenu de l'opinion générale, suivant laquelle les inondations sont



Cours observé *et prévision des inondations du Tennessee River à Chattanooga.*

•— —• Débits de crue observés $'u$ (T). •———• Débits de crue médians $u_0(T_0)$.

× Débit de crue médian annuel $\tilde{u}$ (1). •—·—• Quartiles des débits de crue.

Débits de crue absolus observés $'u$ et réduits τ aux années à saut T.

T.	log T.	lg τ (T).	$'u(T)10^{-5}$.	log $'u(T) - 5$.
1	0	2,0466	1,23	0,0899
3	0,4771	2,2794	2,46	0,3909
6	0,7782	2,4163	2,48	0,3944
12	1,0791	2,5460	2,75	0,4393
15	1,1761	2,5873	3,10	0,4914
46	1,6628	2,7837	3,49	0,5428
57	1,7558	2,8199	3,61	0,5575
Σ		17,4792		2,9062

absolument irrégulières, la concordance entre la théorie et les observations est encore satisfaisante. Il existe donc une probabilité de trois quarts pour que le débit de crue d'ici 100 ans, *rebus sic stantibus*, ne surpasse pas la plus grande valeur exceptionnelle observée jusqu'à présent.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur un cas d'extension d'une propriété à la totalité d'un ensemble.* Note de M. LOUIS PASQUALINI.

Soit $\{s\}$ un ensemble fermé de segments de droite possédant la propriété suivante :

Tout segment ab appartient à $\{s\}$ quand on peut le décomposer en deux segments ad et db de $\{s\}$, et cela de manière que le segment formant les environs du point d sur ab appartienne aussi à $\{s\}$.

DÉFINITION. — *Nous dirons qu'un point* M *de l'espace euclidien* R_p *à p-dimensions est un point c, si tout segment pris dans les environs de* M *appartient à* $\{s\}$. *Dans le cas contraire* M *est un point n.*

Cela posé, la propriété que nous étendrons à tout un ensemble ponctuel K, moyennant les hypothèses du théorème ci-dessous, est la propriété de « *point c* », l'extension s'effectuant dès qu'elle est assurée sur une portion de K d'importance suffisante.

LEMME. — *Un segment ab entièrement formé de points c est un segment s.*

Supposons qu'il n'en soit pas ainsi, et partageons ab en deux segments ad et db. L'un de ces deux segments, au moins, n'est pas un segment s; sinon, d'après la propriété admise pour $\{s\}$, ab appartiendrait à $\{s\}$. Notons ce nouveau segment $a_1 b_1$. On parvient à former une suite $\{a_i b_i\}$ de segments emboîtés, exclus de $\{s\}$. Ces segments ont pour limite un point de ab, qui, d'après la façon même de l'obtenir, est un point n; ce qui contredit l'hypothèse.

THÉORÈME. — K *étant un ensemble ponctuel convexe à p dimensions de l'espace euclidien* R_p *et* E *un sous-ensemble de* K *n'admettant aucun continu à* $p-1$ *dimensions, si* K — E *est entièrement constitué de points c, tous les points de* K *sont des points c.*

Il suffit de montrer que tout segment ab appartenant à K est un segment s.

CAS PARTICULIER. — F *est porté par un segment de droite* IJ :

1° ab ne contient aucun point de E : c'est un segment s d'après le lemme;

2° ab coupe IJ en un point de E. On peut former une suite $\{a_i b_i\}$ de segments de K tendant vers ab et ne coupant pas IJ. Chaque $a_i b_i$ est un segment s; il en est de même de ab car $\{s\}$ est fermé.

CAS GÉNÉRAL. — *Il n'y a pas de support rectiligne pour* E :

1° ab ne contient aucun point de E : ab est un segment s;

2° ab porte des points de E, mais a est exclu de E.

Si, dans tout secteur hypersphérique de centre a, dont ab est un des rayons, il existe un rayon ne portant aucun point n, on pourra constituer une suite de segments s tendant vers ab; sinon il existe un secteur dont chaque rayon porte des points n.

Considérons la collection des points n portée par un rayon variable ax.

Quand ax tend vers ax_0 de toutes manières possibles, les limites des points n constituent d'après M. G. Bouligand l'accumulatif de la collection sur ax_0. L'ensemble $\{n\}$ étant fermé, cet accumulatif fait partie de la collection portée par ax_0 : la collection jouit de la semi-continuité supérieure d'inclusion (il y a $\overline{\text{S.C.I.}}$). Inversement montrons que chaque point m de ax_0 jouant le rôle de point n fait partie de l'accumulatif porté par ax_0; sinon, il y aurait une hypersphère p-dimensionnelle de centre m de rayon assez petit pour ne contenir aucun point n hors de ax_0. Tous les points n de cette hypersphère seraient portés par un segment de droite, ce qui est impossible en vertu du cas particulier étudié. Donc la collection jouit aussi de la semi-continuité inférieure d'inclusion (il y a $\underline{\text{S.C.I.}}$). Le segment σ_x de ax qui a pour extrémités le premier et le dernier point n de ax engendre un continu; le premier point n que l'on rencontre sur ax en partant de a décrit un continu à $p-1$ dimensions : ceci est impossible puisque $\{n\}$ est un sous-ensemble de E. Par suite ab est un segment s.

3° Les deux extrémités de ab appartiennent à E. On peut former une suite $\{a_i b_i\}$ telle que chaque $a_i b_i$ ait une extrémité exclue de E : ab limite de segments s est un segment s.

Remarque. — Le théorème précédent généralise certains de nos résultats antérieurs (¹) obtenus pour une forme particulière de la propriété c, en même temps il en dégage la véritable portée.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le potentiel et les suites de fonctions sous-harmoniques.* Note (¹) de M. **Marcel Brelot.**

1. Plaçons-nous dans l'espace à $n \geqq 2$ dimensions et pour le langage dans l'espace ordinaire. On dira, d'après M. de La Vallée-Poussin, « à peu près partout » au lieu de « sauf sur un ensemble de capacité nulle ». Une fonction u dans un ensemble ouvert y sera dite à peu près sous-harmonique si elle y vaut à peu près partout une fonction sous-harmonique (unique) notée $\hat{u}$.

2. Soit μ_n une distribution de masses $\geqq 0$ fonction additive d'ensemble

(¹) L. Pasqualini, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1153, et *Thèse*, Poitiers, 1938, p. 43-45.

(¹) Séance du 2 novembre 1938.

borélien dans tout l'espace. On suppose que les μ_n sont uniformément bornés et de limite μ, c'est-à-dire que pour tout ensemble borné e dont la frontière ne porte pas de masses μ, $\mu_n(e) \to \mu(e)$. Soit Ω ouvert borné de frontière F.

Lemme I. — Soit dans Ω, $\alpha(M)$ bornée, continue à peu près partout. Si μ ne comporte de masses ni sur les ensembles de capacité nulle de Ω ni sur F

$$\int_\Omega \alpha(M) d\mu_n(M) \to \int_\Omega \alpha(M) d\mu(M).$$

Lemme II. — Si $\int_\Omega \frac{d\mu_n(M)}{MP}$ est uniformément borné dans Ω, μ ne comporte dans Ω aucune masse sur les ensembles de capacité nulle.

Lemme III. — Si μ ne comporte de masse ni sur F ni sur les ensembles de capacité nulle dans Ω, la plus petite limite v, en tout point de Ω, de $v_n = \int_\Omega \frac{d\mu_n(M)}{MP}$, et qui est $\geqq w = \int_\Omega \frac{d\mu(M)}{MP}$, lui est égale à peu près partout.

Sinon on trouverait dans Ω un ensemble E fermé de capacité > 0, où w serait fini et où $v - w > \varepsilon > 0$. Considérons la distribution ν de Robin-Frostman de la masse 1 sur E qui donne dans Ω un potentiel α borné, continu à peu près partout. On aurait

$$\int_E v_n \, d\nu = \int_\Omega \alpha \, d\mu_n \to \int_\Omega \alpha \, d\mu = \int_E w \, d\nu,$$

d'où

$$\int_E v \, d\nu = \int_E w \, d\nu$$

incompatible avec $v - w > \varepsilon > 0$.

3. Théorème. — *Soit, dans le domaine ouvert borné Ω, u_n sous-harmonique et bornée supérieurement uniformément enfin admettant une limite u non partout infinie négative. Alors u est à peu près sous-harmonique dans Ω* (²).

Supposons d'abord les u_n bornés aussi inférieurement uniformément. A u_n correspond une distribution $(-\mu_n)$ et dans un domaine sphérique σ de Ω, on a (F. Riesz)

$$u_n(P) = -\int_\sigma G(M, P) \, d\mu_n(P) + [u_n(P)]^*_\sigma,$$

(²) Dans l'hypothèse supplémentaire de u_n croissant, on savait déjà (Szpilrajn-Radó) que la limite est presque sous-harmonique. Nous améliorons ce résultat sans l'utiliser.

G étant la fonction de Green de σ et le crochet la plus petite majorante harmonique dans σ.

On en déduit que dans le domaine sphérique σ_1 concentrique intérieur, μ_n reste borné. Considérons $\overline{\mu}_n$ identique à μ_n dans σ_1, nulle ailleurs. Par extraction on aura $u'_n \to u$, $\overline{\mu}'_n \to \mu$ et

$$u'_n(P) = -\int_{\sigma_1} G_1(M, P)\, d\overline{\mu}'_n(M) + [u'_n(P)]^{\star}_{\sigma_1}$$
$$= -\int_{\sigma_1} \frac{d\overline{\mu}'_n(M)}{MP} + \int_{\sigma_1} \omega(M, P)\, d\overline{\mu}'_n(M) + [u'_n(P)]^{\star}_{\sigma_1}.$$

Les deux derniers termes sont harmoniques et uniformément bornés dans σ_2 concentrique intérieur. Une nouvelle extraction donnera lieu à des suites de limites harmoniques dans σ_2. Prenons σ_3 intérieure et dont la frontière ne porte pas de masse (μ). Tout revient à constater que $\int_{\sigma_3} \frac{d\overline{\mu}''_n}{MP}$, qui a une limite dans σ_3, tend à peu près partout vers $\int_{\sigma_3} \frac{d\mu}{MP}$, comme cela résulte des lemmes II et III.

On passe au cas général en considérant l'enveloppe supérieure $[u_n]_k$ de u_n et de la constante k. Elle tend vers $[u]_k$ à peu près sous-harmonique et ceci, pour k tendant vers $-\infty$ par valeurs entières, tend en décroissant d'une part vers u, d'autre part à peu près partout vers la limite de $\widehat{[u]}_k$ décroissant, laquelle est $-\infty$ ou sous-harmonique. On achève en montrant directement que si u est finie en un point, elle ne peut être $-\infty$ presque partout.

4. *Application.* — Le théorème utilisé de Robin-Frostman étant indépendant du problème généralisé de Dirichlet, nous allons déduire de ce qui précède une nouvelle démonstration du fait que, pour un domaine borné Ω, l'ensemble des points frontière irréguliers est de capacité nulle.

On considère P fixé dans Ω et Ω_n régulier tendant en croissant vers Ω. Soit u_n la solution du problème de Dirichlet classique pour Ω_n et $-1/PM$, prolongée par $-1/PM$, par exemple dans une grande sphère Σ; u_n y est sous-harmonique et croissante, bornée. Donc u_n a une limite u à peu près sous-harmonique. Mais la fonction de Green généralisée de Ω relative à P vaut $1/PM + u(M)$ et les points-frontière irréguliers sont ceux où la p. g. l. de u par l'intérieur est $> -1/PM$. Or ces points font partie de l'ensemble où u diffère de $\hat{u}$, lequel est de capacité nulle. D'où le résultat.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la vitesse moyenne en suivant le mouvement dans un fluide en écoulement turbulent.* Note de MM. **Roger Duchêne** et **André Martinot-Lagarde**, présentée par M. Émile Jouguet.

L'un de nous avait décrit ([1]) une méthode de mesure pour les débits gazeux; elle consiste à émettre en un point A une bouffée de gaz étranger et à mesurer le temps mis par ce gaz pour atteindre un point B, où il est décelé par une mesure interférométrique de l'indice de réfraction. La vitesse ainsi déterminée u_L avait été trouvée égale à la vitesse de débit u_Q, quotient du débit Q par la section S_0 du tuyau.

Il a été vérifié de plus que la vitesse mesurée était toujours égale à u_Q, *quelle que soit la position du point* B *dans sa section droite.*

Il serait inexact de conclure de ces résultats que la vitesse des particules, parallèlement à l'axe du tuyau, est la même en tous les points de la section droite : ce serait contraire aux résultats fournis par le tube de Pitot.

On peut admettre, en particulier d'après l'expérience du filet de couleur de Reynolds ([2]), qu'en régime aussi turbulent que celui qui est envisagé ($R_D \simeq 300000$), telle particule, qui se trouve près de l'axe à un instant donné, se trouve, un instant plus tard, près de la paroi, et ainsi de suite, suivant une loi inconnue. De ces vitesses variables dans le temps en direction et en grandeur, que prend une même particule le long de sa trajectoire, la composante parallèle à l'axe est la seule qui intéresse au point de vue du débit. Désignons-la par u. C'est à cette vitesse variable u que progresse une particule gazeuse dans le sens du courant, et la grandeur u_L, donnée par l'expérience, est la moyenne par rapport au temps de cette vitesse u (moyenne au sens de Lagrange). On peut également considérer la vitesse moyenne $\bar{u}$ en un point fixe, vitesse qui est la moyenne des vitesses u des particules dont les trajectoires passent par ce point (moyenne au sens d'Euler).

Les mesures de débit d'eau, faites selon la méthode d'Allen par injection de solution saline en A et détection en B par une mesure de conductibilité électrique, pouvaient s'interpréter déjà en supposant que $u_L = u_Q$, mais la démonstration est ici plus précise, car la détection est faite dans une portion beaucoup plus petite de la section droite.

([1]) Roger Duchêne, *Comptes rendus,* 207, 1938, p. 35.

([2]) *Phil. Trans. Roy. Soc.*, A, 111, 1883, p. 935.

Partageons la section droite S_0 en portions $d\,S(\bar{u})$ limitées par les lignes d'égale vitesse $\bar{u}$ et $\bar{u}+d\bar{u}$. Pour calculer la vitesse moyenne d'une particule allant de A à B,

$$u_L = \frac{1}{t_0}\int_0^{t_0} u(t)\,dt;$$

faisons d'abord la somme partielle comprenant les termes qui correspondent aux éléments de l'intervalle de temps $d\,t(\bar{u})$ où la particule est dans une même portion $d\,S(\bar{u})$ de la section droite; il vient ensuite, si l'on appelle U le maximum de $\bar{u}$,

$$u_L = \frac{1}{t_0}\int_0^{U} \bar{u}\,d\,t(\bar{u}).$$

Le débit étant $Q = \int_0^{U} \bar{u}\,d\,S(\bar{u})$, il suffit, pour que $u_L = \frac{Q}{S_0}$, que l'on ait

$$d\,t(\bar{u}) = \frac{t_0}{S_0}\,d\,S(\bar{u}),$$

c'est-à-dire que la particule reste dans chacune des portions de section droite définies plus haut pendant un temps proportionnel à l'aire $dS(\bar{u})$ de cette portion; cela implique, en particulier, qu'elle ait passé très près de l'axe et très près de la paroi dans le trajet de A à B, ce qui est conforme à l'expérience du filet de couleur de Reynolds.

BALISTIQUE. — *Le problème général de la balistique extérieure. Troisième et quatrième approximations.* Note [1] de M. **Godofredo García**.

1. Dans notre Note antérieure nous avons donné la première et seconde approximation du problème général de la balistique extérieure en négligeant la sphéricité de la Terre.

Nous allons maintenant tenir compte de cette sphéricité. Passons à la :

Troisième approximation. — On a les équations

$$(1)\qquad \frac{d\vec{V}_2}{dt} + e^{-kH_0^1} f(U_2)\vec{V}_2 = \vec{I}_0 g_0 \left[\frac{R}{R+H_0^1}\right]^2,$$

$$(2)\qquad \frac{dU_2}{dt} + e^{-kH_0^1} f(U_2)U_2 = \frac{\vec{\chi}_0}{\cos\frac{\Upsilon}{2}} \times \vec{I}_0 g_0 \left[\frac{R}{R+H_0^1}\right]^2.$$

---

[1] Séance du 26 octobre 1938.

Remplaçons $e^{-kH_0^1}$ par $1 - kH_0^1$ et $[R/(R+H_0^1)]^2$ par $1 - 2(H_0^1/R)$. Posons

$$(3) \qquad \vec{V}_2 = \vec{V}_0 + \vec{v}_2 k, \qquad U_2 = U_0 + u_2 k,$$

où $\vec{V}_0$, U_0 est la première approximation. On a

$$(4) \qquad \frac{d\vec{v}_2}{dt} + f(U_0)\vec{v}_2 + \vec{V}_0 f'(U_0)\,u_2 - h_0 f(U_0)\,\vec{V}_0 = -\left(\vec{i}_1 D_0 + \vec{i}_3 \frac{2h_0}{R}\right)\frac{g_0}{k},$$

$$(5) \qquad \frac{du_2}{dt} + \{f(U_0) + U_0 f'(U_0)\}\,u_2 - h_0 f(U_0)\,U_0 = -\frac{\vec{\chi}_0}{\cos\frac{\Upsilon}{2}}\left(\vec{i}_1 D_0 + \vec{i}_3 \frac{2h_0}{R}\right)\frac{g_0}{k},$$

où l'on a

$$h_0 = x_{30}\sin\sigma - x_{10}\sin\alpha.$$

2. Après avoir déterminé $\vec{v}_2$, u_2, donc $\vec{V}_2$, U_2, $P_2 - O$, en fonction du temps, on calcule la seconde approximation de D, H, Δ, $\vec{I}$. On a

$$(6) \qquad \begin{cases} \operatorname{tang} D_2 = \dfrac{x_{12}\cos\alpha + x_{32}\cos\sigma}{R - x_{12}\sin\alpha + x_{32}\sin\sigma}, \qquad H_2 = \dfrac{h_2}{\cos D_2} = \dfrac{x_{32}\sin\sigma - x_{12}\sin\alpha}{\cos D_2}, \\[2ex] \Delta_2 = \dfrac{2R\sin^2\dfrac{D_2}{2}}{1 - 2\sin^2\dfrac{D_2}{2}}, \qquad H_0^1 = H_2 + \Delta_2, \qquad \vec{I}_1 = -\vec{i}_1\sin D_2 + \vec{i}_3\cos D_2. \end{cases}$$

3. *Quatrième approximation.* — Nous avons les équations

$$(7) \qquad \frac{d\vec{V}_3}{dt} + e^{-kH_2^1}\left\{f(U_3) - \frac{2V_{x12}V_{x32}}{U_2}f'(U_2)\varepsilon^2\right\}\vec{V}_3 = \vec{I}g_0\left[\frac{R}{R+H_2^1}\right]^2,$$

$$(8) \qquad \frac{dU_3}{dt} + e^{-kH_2^1}\left\{f(U_3) - \frac{2V_{x12}V_{x32}}{U_2}f'(U_2)\varepsilon^2\right\}U_3 = \frac{\vec{\chi}_0}{\cos\frac{\Upsilon}{2}} \times \vec{I}_1 g_0\left[\frac{R}{R+H_2^1}\right]^2.$$

En posant

$$(9) \qquad \vec{V}_3 = \vec{V}_2 + \delta\vec{V}_2, \qquad U_3 = U_2 + \delta U_2,$$

on a les équations

$$(10) \qquad \frac{d\,\delta\vec{V}_2}{dt} + f(U_2)\,\delta\vec{V}_2 + f'(U_2)\,U_2\,\delta\vec{V}_2 - \frac{2V_{x12}V_{x32}}{U_2}f'(U_2)\vec{V}_2\varepsilon^2 + k[H_0^1 - H_2^1]f(U_2)\vec{V}_2$$
$$= \left\{\vec{I}_1\left[1 - \frac{2H_2^1}{R}\right] - \vec{I}_0\left[1 - \frac{2H_0^1}{R}\right]\right\}g_0,$$

$$(11) \qquad \frac{d\,\delta U_2}{dt} + \{f(U_2) + U_2 f'(U_2)\}\,\delta U_2 - 2V_{x12}V_{x32}f'(U_2)\varepsilon^2 + k[H_0^1 - H_2^1]f(U_2)\,U_2$$
$$= \frac{\vec{\chi}_0}{\cos\frac{\Upsilon}{2}}\left\{\vec{I}_1\left[1 - \frac{2H_2^1}{R}\right] - \vec{I}_0\left[1 - \frac{2H_0^1}{R}\right]\right\}g_0.$$

4. La solution de M. Popoff correspond au cas où le verseur $\vec{\chi}_3$ est tangent à la trajectoire au point $O(\sigma=\varphi)$, et la variable ω de M. Popoff est donnée par

$$(\vec{\chi}_1+\vec{\chi}_3^*)\vec{V}=2\cos^2\left(\frac{\alpha+\varphi}{2}\right)\omega. \tag{12}$$

M. Popoff suppose $\vec{\chi}_1=-\vec{i}_3$, on a donc

$$h=x_3\sin\varphi-x_1.$$

Siacci suppose $\alpha=\sigma=\varphi$, donc $\vec{\chi}_0\times\vec{i}_3=0$.

5. En considérant une direction quelconque qui forme l'angle ψ avec $\vec{\chi}_1$, on a le verseur correspondant

$$\vec{\chi}=\vec{\chi}_1\frac{\sin(\gamma-\psi)}{\sin\gamma}+\vec{\chi}_3\frac{\sin\psi}{\sin\gamma}. \tag{13}$$

Multipliant scalairement avec l'équation (1) de la première Note, on a l'équation scalaire générale

$$\frac{dW}{dt}+e^{-kH}f(V)\,W=\vec{\chi}\times\vec{I}g_0\left[\frac{R}{R+H}\right]^2 \tag{14}$$

qui donne comme cas particuliers les solutions de Bianchi, de Didion etc.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur le passage des corpuscules à travers des barrières de potentiel coulombien.* Note de M. **Gabriel Badarau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons donné [1] une solution approximative du problème de la pénétration des corpuscules chargés dans le noyau de l'atome. A cette occasion, tout en employant la solution approximative de Brillouin-Wentzel, nous avons remarqué que Ψ, ainsi choisi, présente des singularités au point $r_a(E=U)$, tandis que la solution exacte n'en présente pas. En même temps nous nous sommes bornés au cas de particules du moment cinétique nul.

Nous nous proposons à présent de donner *la solution exacte du problème dans le cas particulier d'un potentiel coulombien*, pour lequel l'équation de

[1] *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 39.

Schrödinger prend la forme

$$(1) \qquad \frac{d^2\chi_j}{dr^2} + \frac{8\pi^2 m}{\hbar^2}\left[E - \frac{2Ze^2}{r} - \frac{h^2}{8\pi^2 m}\frac{j(j+i)}{r^2}\right]\chi_j = 0.$$

Comme Whittaker et Watson ([2]) l'indiquent, on peut résoudre (1) en termes de fonctions du type $W_{K,m}(z)$, $W_{K,m}$ satisfaisant à l'équation

$$(2) \qquad \frac{d^2W}{dz^2} + \left\{-\frac{1}{4} + \frac{K}{z} + \frac{\frac{1}{4} - m^2}{z^2}\right\}W = 0,$$

où z est une variable imaginaire. En effet, en écrivant (1) sous la forme

$$(3) \qquad \frac{d^2\chi_j}{dr^2} + \left(a + \frac{b}{r} + \frac{c}{r^2}\right)\chi_j = 0,$$

en posant

$$(4) \qquad \chi_j = -\frac{1}{4a}W_{K,m} \quad \text{et} \quad z = \varkappa r,$$

et en choisissant $\varkappa$ de façon à avoir $-1/4a\varkappa^2 = 1$, on obtient une équation de la forme (2) où K, m et $\varkappa$ seront donnés en fonction des valeurs de a, b et c, déduites de (1) par les formules

$$(5) \qquad K = i2Ze^2\frac{\sqrt{2ME}}{E\hbar} = iK_0, \qquad m^2 = \frac{1}{4} + j(j+i), \qquad \varkappa = i\frac{\hbar}{\sqrt{2ME}} = i\varkappa_0.$$

A l'exception des valeurs réelles négatives de z on peut représenter $W_{K,m}$ par l'expression

$$(6) \qquad W_{K,m}(z) = -\frac{1}{2\pi i}\Gamma\left(K + \frac{1}{2} - m\right)e^{-\frac{1}{2}z}z^K\int_\infty^{(0+)}(-t)^{-K-\frac{1}{2}+m}\left(1 + \frac{t}{z}\right)^{K-\frac{1}{2}+m}e^{-t}\,dt,$$

où l'on suppose que $\arg z$ a ses valeurs principales et que le contour est choisi de telle façon que le point $t = -z$ soit à l'extérieur. On voit très facilement que l'équation (2) admet comme deuxième solution particulière la fonction $W_{-K,m}(-z)$ si $|\arg(-z)| < \pi$, condition remplie en choisissant l'argument $-\pi/2$ pour *l'imaginaire pure* z [cf. (4) et (5)].

Admettons maintenant que le potentiel à l'intérieur du noyau ($0 \leq r < r_0$) ait une valeur constante $U = U_0$ et que pour $r > r_0$ on ait $U = 1/r$. Dans ces conditions la solution de l'équation de Schrödinger pour le cas d'une particule chargée qui tombe sur le noyau doit représenter à l'infini

([2]) *A Course of Modern Analysis*, seconde édition, Cambridge, 1915, p. 334.

la superposition de deux ondes sphériques, l'onde incidente et l'onde réfléchie; elle doit donc avoir la forme

$$(7)\qquad \Psi(r) = \frac{1}{r}\chi_{j,\infty} = \frac{1}{r}\{ I_1 \exp.(iK_1 r) + D_1 \exp.(-iK_1 r)\}, \qquad K_1 = \frac{1}{\hbar}\sqrt{2ME}.$$

L'expression asymptotique de $W_{K,m}$ (³) satisfait à cette condition. En effet, quand $|\arg z| < \pi$, condition remplie car $\arg z = \pi/2$, elle est de la forme

$$(8)\qquad W_{K,m}(z) \sim e^{-\frac{1}{2}z} z^{K}\{1 + O(z^{-1})\},$$

où le symbole O représente « de l'ordre de ». La même chose reste vraie pour $W_{-K,m}(-z)$ tant que $|\arg(-z)| < \pi$, condition satisfaite comme précédemment. On aura donc aussi

$$(9)\qquad W_{-K,m}(-z) = e^{\frac{1}{2}z}(-z)^{-K}\{1 + O(z^{-1})\}.$$

Nous choisirons par suite comme solution de (1) dans le domaine fini ($r_0 < r$, fini) une expression de la forme

$$\chi_j^{(e)} = IW_{-K_1 m}(-ix_0 r) + DW_{K_1 m}(ix_0 r) \qquad \text{avec} \quad I = -\frac{A_1}{4a} \quad \text{et} \quad D = -\frac{B_1}{4a},$$

A_1 et B_1 étant des constantes arbitraires.

Notre solution étant valable partout dans le domaine $r > r_0$, nous n'aurons donc à établir la continuité des solutions qu'au point $r = r_0$ où il y a une discontinuité de potentiel. On sait que les conditions $\chi_j^{(e)}(r_0) = \chi_j^{(i)}(r_0)$ et $(d\chi_j^{(e)}/dr)_{r=r_0} = (d\chi_j^{(i)}/dr)_{r=r_0}$ doivent être satisfaites en ce point. $\chi_j^{(i)}$ étant

$$(10)\qquad \chi^{(i)}_{0 \leq r < r_0} = R[\exp.(iK_1 r_0) - \exp.(-iK_1 r_0)].$$

Après calcul on trouve pour le coefficient de transmission T une expression de la forme $T = RR^*$ avec

$$R = \frac{1}{I}\,\frac{e^{iK_1 r_0}\left[\left(\frac{dW_{K_1 m}}{dr}\right)_{r=r_0} - iK_1 W_{K,m}(z_0)\right] - e^{-iK_1 r_0}\left[\left(\frac{dW_{K_1 m}}{dr}\right)_{r=r_0} + iK_1 W_{K_1 m}(z_0)\right]}{\left(\frac{dW_{K_1 m}}{dr}\right)_{r=r_0} W_{-K,m}(-z_0) - \left(\frac{dW_{-K_1 m}}{dr}\right)_{r=r_0} W_{K_1 m}(z_0)},$$

où $z_0 = i\chi_0 r_0$. Remarquons pour finir que, une fois choisie la valeur du

(³) WHITTAKER et WATSON, *loc. cit.*, p. 336 et suiv.

rayon nucléaire r_0, on peut obtenir une valeur numérique de $W_{K,m}$ et par suite de T ([4]).

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *La généralisation des potentiels thermodynamiques déduite de l'affinité.* Note ([1]) de M. **Pierre Van Rysselberghe**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Nous avons montré ([2]) qu'il n'existe en général pas de fonction $Z(x, y; n_1 \ldots n_\gamma \ldots n_c)$ telle que ses dérivées partielles par rapport aux n_γ soient égales aux potentiels μ_γ de Gibbs. Rappelons que ces potentiels μ_γ se présentent dans les cas particuliers où les variables physiques x, y sont S, V; S, p; T, V ou T, p. Les potentiels thermodynamiques sont alors respectivement E, H, F et G.

Dans cette Note, nous obtenons la généralisation Z de ces potentiels thermodynamiques *à partir de l'affinité* $A(x, y; n_1 \ldots n_c)$, fonction d'état de Th. De Donder. La fonction $Z(x, y; n_1 \ldots n_c)$ devra satisfaire à l'*unique* équation

$$A = -\left(\frac{\partial Z}{\partial \xi}\right)_{xy}. \tag{1}$$

On sait que

$$\left(\frac{\partial Z}{\partial \xi}\right)_{xy} = \sum_{\gamma=1}^{c} \nu_\gamma \left(\frac{\partial Z}{\partial n_\gamma}\right)_{xy}. \tag{1'}$$

L'intégration de (1) se ramène à celle des équations différentielles ordinaires

$$\frac{dx}{0} = \frac{dy}{0} = \frac{dn_1}{\nu_1} = \ldots = \frac{dn_\gamma}{\nu_\gamma} = \ldots = \frac{dn_c}{\nu_c} = -\frac{dZ}{A} = d\xi. \tag{2}$$

([4]) Au moment de la présentation de cette Note nous venons d'apprendre que MM. L. E. Hoisington et Breit, traitant un sujet différent, emploient aussi la fonction (6) comme solution de (1) (*Phys. Rev.*, 54, 15 octobre 1938, p. 627, arrivée le 5 novembre à Paris).

([1]) Séance du 17 octobre 1938.

([2]) P. Van Rysselberghe, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1126. Nous utiliserons ici les notations de l'Ouvrage de Th. De Donder, *L'Affinité* (Paris, 1936); voir spécialement p. 30 à 36.

On obtient immédiatement les invariants ou intégrales

$$(3)\quad \begin{cases} a_1 = x, \quad a_2 = y, \quad \ldots, \quad b_\gamma = \dfrac{n_\gamma}{\nu_\gamma} - \xi, \quad \ldots, \\ C = Z + \displaystyle\int A(a_1, a_2; \ldots, b_\gamma \nu_\gamma + \xi \nu_\gamma, \ldots)\, d\xi. \end{cases}$$

Posons $C \equiv \varphi(a_1, a_2; \ldots, b_\gamma, \ldots)$, où φ est une fonction *arbitraire* des invariants a_1, a_2; b_1, ..., b_c. On aura ainsi l'intégrale générale de (1), à savoir

$$(4)\quad Z = -\left[\int A(a_1, a_2; \ldots, b_\gamma \nu_\gamma + \xi \nu_\gamma, \ldots)\, d\xi\right] + \varphi\left(x, y; \ldots, \frac{n_\gamma}{\nu_\gamma} - \xi, \ldots\right).$$

Dans l'expression entre crochets, on remplacera, après avoir effectué la quadrature, a_1 par x, a_2 par y, b_γ par $n_\gamma/\nu_\gamma - \xi$. Enfin, pour exprimer Z en fonction des n_1, ..., n_c *seulement, on remplacera* ξ *par une fonction des* n_γ *telle que sa dérivée par rapport à* ξ *soit égale à* 1. Ainsi, on remplacera ξ par n/ν si $\nu \neq 0$, ou par $\frac{1}{c}\sum_\gamma \frac{n_\gamma}{\nu_\gamma}$ ou simplement par n_γ/ν_γ.

A partir de cette expression générale de Z, on pourra calculer les potentiels chimiques $\mu_{\gamma,xy}$ grâce à

$$(6)\quad \mu_{\gamma,xy} = \left(\frac{\partial Z}{\partial n_\gamma}\right)_{xy}.$$

On les trouvera, en général, différents des μ_γ de Gibbs. On aura cependant toujours

$$(7)\quad A = -\sum_\gamma \nu_\gamma \mu_{\gamma,xy} = -\sum_\gamma \nu_\gamma \mu_\gamma.$$

La différentielle totale de Z s'écrit

$$(8)\quad dZ = X\,dx + Y\,dy + \sum_\gamma \mu_{\gamma,xy}\,dn_\gamma;$$

d'où l'on tire immédiatement trois potentiels thermodynamiques nouveaux tels que

$$d(Z - Xx) = -x\,dX + Y\,dy + \sum_\gamma \mu_{\gamma,Xy}\,dn_\gamma;$$

$$d(Z - Yy) = X\,dx - y\,dY + \sum_\gamma \mu_{\gamma,xY}\,dn_\gamma;$$

$$d(Z - Xx - Yy) = -x\,dX - y\,dY + \sum_\gamma \mu_{\gamma,XY}\,dn_\gamma.$$

On aura

$$\mu_{\gamma,xy} = \mu_{\gamma,\mathrm{X}y} = \mu_{\gamma,x\mathrm{Y}} = \mu_{\gamma,\mathrm{XY}}, \tag{9}$$

ce qui généralise les relations bien connues de Gibbs

$$\mu_{\gamma,\mathrm{S}v} = \mu_{\gamma,\mathrm{S}p} = \mu_{\gamma,\mathrm{T}v} = \mu_{\gamma,\mathrm{T}p} = \mu_{\gamma}. \tag{9'}$$

On voit bien ainsi que les potentiels chimiques ne sont pas des fonctions d'état. Autrement dit, il faut les préciser au moyen d'*indices* x, y, S, V, etc.

Les considérations qui précèdent peuvent être facilement étendues au cas où le système est le siège de plusieurs réactions simultanées.

ÉLECTRICITÉ APPLIQUÉE. — *Sur l'entretien du mouvement d'un pendule au moyen d'un courant alternatif de fréquence élevée par rapport à sa fréquence propre.* Note [1] de M. **Joseph Béthenod**, transmise par M. André Blondel.

Cornu a étudié autrefois la méthode d'entretien des pendules par un courant périodiquement interrompu. Dans le même ordre d'idées, j'ai réalisé, en collaboration avec M. A. Soulier une horloge électrique qui est actionnée par le courant alternatif du secteur *alimentant, sans aucun contact d'entretien*, un solénoïde qui attire le noyau en fer terminant le pendule, un condensateur c étant inséré dans le circuit de l'enroulement magnétisant. Une horloge de ce type a été réalisée avec entier succès [2] et, pour expliquer le fonctionnement de cet appareil, j'ai établi une théorie restée encore inédite à laquelle les travaux récents sur les phénomènes d'auto-entretien des oscillations et de relaxation peuvent donner un certain intérêt.

Soient, au temps t, x le déplacement du pendule, L le coefficient de self-induction correspondant de l'enroulement magnétisant et i le courant instantané; la force motrice F excercée sur le pendule s'exprime par la formule de Vaschy, et l'on peut écrire, en appelant M la masse, S le facteur d'amortissement, K le facteur de résistance due au couple élastique,

$$\mathrm{F} = \frac{1}{2} i^2 \frac{d\mathrm{L}}{dx} = \mathrm{K}x + \mathrm{S}\frac{dx}{dt} + \mathrm{M}\frac{d^2x}{dt^2}. \tag{1}$$

---

(1) Séance du 2 novembre 1938.

(2) Cf. Brevet français n° 691515 du 30 mai 1929.

A cette équation, on peut associer l'équation du courant en fonction de la tension d'amplitude sin U_m et de pulsation Ω

$$(2) \qquad u_m \sin(\Omega + \varphi) = Ri + \frac{1}{c}\int i\,dt + \frac{d(Li)}{dt}.$$

La résolution complète du système (1) et (2) présente de trop grandes difficultés, même en admettant que l'inductance de la bobine varie linéairement par rapport à x; mais on peut, avec une suffisante approximation, supposer que l'oscillation du pendule suit une loi sinusoïdale $x = x_m \sin\omega t$, en négligeant les petites perturbations. En posant ainsi

$$(3) \qquad L = L_0 + \lambda x = L_0 + \lambda x_m \sin\omega t,$$

on se propose de montrer qu'une solution périodique de la forme

$$(4) \qquad i = A\sin\Omega t + B\sin|(\Omega - \omega)t + \alpha|$$

est une solution suffisamment approchée des équations (1) et (2), en négligeant les courants de pulsation $\Omega + \omega$ ou autres, au besoin en raison de l'adjonction de filtres électriques appropriés.

Substituons donc les valeurs (3) et (4) dans l'expression (1) de F, en négligeant les termes de pulsations 2Ω, $2(\Omega - \omega)$, $2\Omega - \omega$, on obtient

$$(5) \qquad \frac{1}{2}\lambda.AB\cos(\omega t - \alpha) = Kx + S\frac{dx}{dt} + M\frac{d^2x}{dt^2},$$

d'où

$$(6) \qquad x_m = \frac{1}{2}\lambda.AB\frac{1}{\sqrt{S^2\omega^2 + (K - M\omega^2)^2}} \qquad \text{et} \qquad \operatorname{tang}\alpha = \frac{K - M\omega^2}{S\omega}.$$

En substituant de même (3) et (4) dans (2) et en négligeant encore les termes de pulsations $\Omega + \omega$ et $\Omega - 2\omega$, ..., on décompose l'équation en deux autres, correspondant aux fréquences Ω et $\Omega - \omega$ respectivement

$$(7) \quad u_m \sin(\Omega t + \varphi) = RA\sin\Omega t + \left(L_0\Omega - \frac{1}{c\Omega}\right)A\cos\Omega t + \frac{\Omega\lambda x_m}{2}B\sin(\Omega t + \alpha)$$

et

$$(8) \quad \frac{(\Omega - \omega)\lambda x_m}{2}A\sin(\Omega - \omega)t = RB\sin|(\Omega - \omega)t + \alpha| + \left|L_0(\Omega - \omega) - \frac{1}{c(\Omega - \omega)}\right|B\cos|(\Omega - \omega)t + \alpha|.$$

Les deux égalités (6), jointes au système (7) et (8), permettent de déterminer les valeurs des inconnues A, B, α, φ, ω.

Sans entamer ici une discussion détaillée de ces valeurs, on utilise une donnée expérimentale en remarquant que, dans le cas de l'horloge réalisée, la pulsation ω correspondait très sensiblement à la fréquence d'oscillation propre du pendule

$$\omega^2 = \frac{K}{M}.$$

On en déduit $\alpha = 0$, puis, d'après (8), la condition

$$L_0 c(\Omega - \omega)^2 = 1, \tag{9}$$

qui permet de déterminer les valeurs

$$x_m = \lambda \frac{AB}{2} \frac{1}{S\omega}, \qquad B = \frac{(\Omega - \omega)\lambda x_m}{2R} A,$$

d'où

$$A^2 = \frac{4RS\omega}{\lambda^2(\Omega - \omega)}. \tag{10}$$

Une fois que A est donné par (10), l'égalité (7) permet facilement de calculer x_m au moyen d'une représentation vectorielle classique de cette équation, dans laquelle le dernier terme du second membre représente la force contre-électromotrice due au mouvement du pendule. On constate ainsi aisément qu'il existe un seuil pour la tension du réseau nécessaire à l'entretien du mouvement, ce qui est conforme à l'expérience.

Si dans (4) on envisage un terme en $(\Omega + \omega)$ au lieu de $(\Omega - \omega)$, un calcul similaire conduit à une impossibilité d'auto-entretien. Une solution plus complète comportant des termes des deux genres apparaît possible, mais entraîne naturellement des calculs beaucoup plus compliqués. D'ailleurs le terme en $(\Omega + \omega)$ semble correspondre à un effet de freinage. De toute façon, dans le cas envisagé ci-dessus ($\alpha = 0$), la condition (9), qui caractérise une résonance *moyenne* du circuit d'entretien sur la fréquence $\Omega - \omega/2\pi$, justifie la solution (4) adoptée plus haut.

Le phénomène qui vient d'être rappelé constitue un exemple remarquable d'un entretien de phénomène oscillatoire par une source unique d'énergie sinusoïdale de fréquence quelconque, et qui échappe à la notion habituelle de démultiplication de fréquence.

MAGNÉTISME. — *Nouveau procédé pour la mesure des courants intenses.* Note de M. **Belling Tsaï**, présentée par M. Aimé Cotton.

Ce procédé de mesure est basé sur le fait que la circulation du champ autour d'un conducteur parcouru par un courant I est égal à $4\pi I$. Si l'on prend un solénoïde flexible relié à un fluxmètre et qu'on note la déviation θ de celui-ci lorsque le solénoïde, dont les extrémités se touchent, entoure le conducteur et lorsqu'il forme une autre boucle fermée qui n'enferme pas le conducteur, on obtient immédiatement la valeur du courant I.

Soit s la section du solénoïde, n le nombre de tours par centimètre, D la constante du fluxmètre, θ la déviation du fluxmètre et I le courant à mesurer, on a

$$D\theta = ns\int H\,dl,$$

et, comme

$$\int H\,dl = 4\pi I,$$

on obtient

$$I = \frac{10\,D}{4\pi ns}\,\theta \text{ ampères.}$$

On a construit un solénoïde flexible en s'inspirant du potentiomètre magnétique de Chattock (1887). Un fil isolé est enroulé sur un tube de caoutchouc épais dont la longueur est maintenue constante par un câble en cuivre glissé à l'intérieur et fixé par vis et chapeaux aux extrémités du tuyau. Un fil isolant élastique est intercalé entre les spires du bobinage pour garder à l'enroulement sa flexibilité et sa régularité quand on courbe le solénoïde. Le bobinage est effectué en double couche de façon à ramener au même point, c'est-à-dire à un bout du solénoïde, les extrémités du fil, que l'on soude à deux bornes isolées fixées sur un des chapeaux qui coiffent les bouts du tuyau. Pour la mesure on relie ces bornes par l'intermédiaire d'un fil torsadé à un fluxmètre de sensibilité convenable.

Dans l'appareil que nous avons réalisé, la longueur du solénoïde est de $1^{m},50$, son diamètre de 2^{cm}, l'enroulement est fait avec du fil de 5/10 sous soie avec 12 tours au centimètre. Le fluxmètre utilisé a une constante de $D = 10\,000$, d'où

$$I = 212\,\theta \text{ ampères.}$$

L'appareil étant construit pour la mesure de courants de l'ordre

de 30000 A, on peut obtenir la précision de 1/200e en lisant le quart de division sur le fluxmètre. Pour des courants plus faibles, il suffira de faire faire au solénoïde 2 ou 3 tours autour du conducteur pour multiplier la sensibilité par 2 ou 3.

Ce procédé de mesure nous paraît avoir l'avantage sur les procédés existants de s'affranchir des propriétés magnétiques du fer ; de ne pas nécessiter un conducteur rectiligne sur une certaine longueur, étant indépendant de la forme du conducteur, de n'être ni lourd, ni encombrant, et enfin de pouvoir s'utiliser sans interrompre le passage du courant à mesurer, ce qui serait nécessaire pour l'installation d'un shunt. L'appareil est très facilement transportable et les mesures peuvent être faites rapidement.

L'appareil pourrait servir à étalonner un appareil à lecture directe pour la mesure des champs magnétiques ([1]) placé dans une position fixe près du conducteur et qui constituerait dans ce cas un ampèremètre pour courants intenses.

PHYSIQUE ATOMIQUE. — *Les groupes discrets de particules émis au cours de la désintégration de l'azote par les neutrons rapides*. Note ([1]) de MM. **Jean Thibaud** et **Paul Comparat**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Quelques résultats nouveaux peuvent être ajoutés à notre précédent travail ([2]), concernant l'excitation de l'azote par les neutrons rapides (réaction N_7^{14}, $n_0^1 \rightarrow B_5^{11}$, α_2^4) : d'une part l'étude de la distribution des corpuscules de désintégration a été étendue à des énergies inférieures à 0,8 MeV, d'autre part des précisions sont apportées en ce qui concerne les groupes d'énergie précédemment situés à 0,85, 1,02, 1,30 MeV (parmi les 11 groupes publiés).

1. L'exploration des énergies plus basses, jusqu'à 0,5 MeV, a permis de relever de nouveaux groupes à 0,65 et 0,75 MeV.

2. De nouveaux enregistrements nous ont montré que le groupe anormalement large sur la figure publiée ([2]) et situé autour de 1,30 MeV, se dédouble en réalité en deux groupes voisins, l'un à 1,25, l'autre à 1,42 MeV.

([1]) R. Servant et B. Tsaï, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1172.

([1]) Séance du 2 novembre 1938.

([2]) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 226.

Le fait de trouver un groupe à 1,4 environ est assez satisfaisant, car cette valeur est en accord avec l'une de celles trouvées par Wilhelmy ([3]) dans un travail analogue.

3. En résumé, nous avons mis en évidence 14 groupes d'énergies s'étendant sur un domaine de 3 MeV (0,5 à 3,5 MeV) : les énergies que nous adoptons, 0,60; 0,75; 0,90; 1,05; 1,25; 1,40; 1,60; 1,75; 2,05; 2,25; 2,55; 2,75; 3,05; (3 à 3,10); 3,30 (3,25 à 3,40) MeV, sont définies en moyenne à 0,03 MeV près, sauf les deux dernières.

4. Nous admettrons que tous ces groupes correspondent aux particules α dans la transformation de l'azote en bore : remarquons ici que le cas d'une réaction avec émission de protons (N_7^{14}, $n_0^1 \rightarrow C_6^{14}$, H_1^1) n'est pas exclu complètement de nos expériences et que certains groupes, vers les basses énergies, pourraient correspondre à des protons. Admettant également que dans la désintégration de l'azote le noyau de bore produit se trouve dans l'état fondamental, tous les groupes précédents correspondront aux niveaux de résonance du noyau intermédiaire N_7^{15}. Par un calcul analogue à celui de Wilhelmy, on obtiendra la valeur absolue E_T des niveaux de résonance par rapport à l'état fondamental de N_7^{15}, en ajoutant à l'énergie de liaison E_l de la particule α dans ce noyau [$E_l = 11,1$ MeV ([4])] l'énergie E_S du neutron incident calculée dans un système où le centre de gravité serait au repos. Enfin l'énergie E_n du neutron incident se calculera en ajoutant à l'énergie de résonance $E_{\alpha+B}$ des groupes, l'énergie $Q = 0,35$ MeV correspondant à la perte de masse. L'ensemble des niveaux de résonance E_T du noyau intermédiaire N_7^{15} se trouve ainsi dans le tableau suivant :

$E_{\alpha+B}$	0,60	0,75	0,90	1,05	1,25	1,40	1,60
E_n	0,95	1,10	1,25	1,40	1,60	1,75	1,95
E_S	0,54	0,68	0,82	0,96	1,14	1,28	1,47
E_T	11,64	11,78	11,92	12,06	12,24	12,38	12,57
$E_{\alpha+B}$	1,75	2,05	2,25	2,55	2,75	3,05	3,30
E_n	2,10	2,40	2,60	2,90	3,10	3,40	3,65
E_S	1,61	1,89	2,07	2,35	2,55	2,82	3,06
E_T	12,71	12,99	13,17	13,45	13,65	13,92	14,16

On constate que :

a. Dans le domaine d'énergie étudié, 11 à 14 MeV, la densité des

([3]) *Zeits. für Phys.*, **107**, 1937, p. 769.

([4]) Livingston-Bethe, *Rev. of Modern Phys.*, **9**, 1937, p. 378.

niveaux est forte, l'intervalle moyen est de 0,2 MeV environ. Ce résultat semble confirmer les prévisions de N. Bohr sur les états énergétiques des noyaux.

b. L'intervalle entre les niveaux croît régulièrement des hautes vers les basses énergies, il passe de 0,14 à 0,28 MeV pour des énergies s'étendant de 11 à 14 MeV.

c. Il semble que l'on puisse répartir les niveaux en deux séries, où la séquence des termes présente une certaine régularité; l'intervalle entre 2 niveaux d'une même série augmente faiblement avec l'énergie (de 0,14 à 0,24 MeV), l'intervalle entre 2 séries augmentant plus rapidement (0,28 MeV entre le 1er et le 3e niveau, 0,51 MeV entre le 12e et le 15e niveau).

5. On a étudié de même la distribution des énergies en interposant une lame de $0^{mm},5$ de cadmium à l'entrée de la chambre d'ionisation : des groupes apparaissent, sensiblement aux mêmes emplacements qu'en l'absence de cadmium. Les groupes ne seraient donc pas imputables à des réactions de l'azote causées par les neutrons très lents qu'arrête le cadmium.

6. Il se confirme ainsi que, dans le domaine énergétique étudié, le nombre des niveaux est plus élevé qu'il n'avait été indiqué antérieurement (³) et que l'étude des désintégrations produites par les neutrons rapides peut conduire à une véritable spectrographie nucléaire.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Désintégration spontanée des mésotons, particules composant le rayonnement cosmique pénétrant.* Note de MM. **Paul Ehrenfest** Jr. et **André Fréon**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Il est généralement admis que la partie pénétrante du rayonnement cosmique (particules D suivant la notation de Pierre Auger) est constituée, au moins en grande majorité, par des mésotons, particules présentant une charge élémentaire ($+e$ ou $-e$) et une masse m_u environ 200 fois supérieure à celle de l'électron.

2. L'hypothèse de l'existence d'un *quantum lourd* ou *mésoton* a été introduite par Yukawa (¹) dans une étude théorique de forces intranucléaires; le développement de cette théorie par Bhabha (²) et Yukawa (³) a montré

(¹) *Math. Physic. Soc. Japan*, **17**, 1935, p. 48.
(²) *Nature*, **141**, 1938, p. 117.
(³) *Math. Physic. Soc. Japan*, **20**, n° **4**, 1938.

qu'une telle particule doit se désintégrer spontanément avec une vie moyenne inversement proportionnelle à son énergie E, dans le cas où $E \gg m_u c^2$, ce que nous supposerons ici.

3. Comme différents auteurs (4), et nous-mêmes (5), l'avons montré, l'intensité du rayonnement cosmique pénétrant mesurée au niveau de la mer en direction verticale, est plus grande que celle obtenue en altitude sous un angle zénithal θ tel que la masse d'air traversée soit la même dans les deux cas.

Heisenberg (6) a montré récemment que ce paradoxe d'absorption s'explique par la désintégration spontanée des mésotons : les rayons obliques parcourant des distances plus grandes pour les mêmes masses d'air traversées entre leur naissance et la rencontre des appareils de mesure, ont de plus grandes chances de désintégration que les rayons verticaux et leur intensité totale est diminuée de ce fait.

4. Afin de vérifier ces hypothèses, nous avons entrepris à la station scientifique du Jungfraujoch (3450^{m} d'altitude) des mesures d'intensité des rayons cosmiques en fonction de l'angle zénithal θ avec un appareil à coïncidence comportant 3 compteurs (fabrication Philips) placés dans un plan orientable et pouvant être séparés par des écrans de 10^{cm} et 60^{cm} de plomb (7). Ces mesures ont confirmé nos anciennes expériences, et montré en outre : 1° que le paradoxe d'absorption subsiste pour les particules capables de traverser 60^{cm} de plomb; 2° que l'effet de décroissance des rayons obliques est encore plus prononcé pour les rayons qui traversent 10^{cm} de plomb, mais sont arrêtés par 60^{cm}.

5. Pour tirer de nos mesures la vie moyenne des mésotons, nous avons fait les hypothèses suivantes :

a. la formation des mésotons se fait isotropiquement, à une altitude H, qui ne dépend ni de leur énergie E, ni de θ;

b. le trajet des particules est rectiligne;

c. la pression barométrique est donnée par $p = p_H$, exp. $(x\alpha \cos\theta)$, x étant le trajet géométrique depuis le point de naissance des mésotons;

d. les pertes d'énergie qu'ils subissent dans la matière ne sont dues qu'à l'ionisation, et sont proportionnelles à la masse d'air traversée, avec un coefficient ε indépendant de E (8);

(4) Rossi, Follet et Crawshaw, *Proc. Roy. Soc.*, A, 155, 1936, p. 546.

(5) Auger, Ehrenfest, Fréon et Fournier, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 257.

(6) Communication privée.

(7) En cours de publication au *Journal de Physique*.

(8) Ehrenfest, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 573.

e. la désintégration spontanée des mésotons se fait suivant la formule

$$\frac{1}{I}\frac{\partial I}{\partial x} = -\frac{W}{cE},$$

où W est la probabilité de désintégration par unité de temps et d'énergie, x le trajet.

La vie moyenne peut alors être évaluée à partir de la formule

$$I(q, x, \theta) = \int_{E_H=A}^{\infty} dE_H S(E_H) \exp.\left\{-\frac{W}{c}\int_0^x dy \frac{1}{E_H - \frac{\varepsilon p_H}{\cos\theta}[\exp.y\alpha\cos\theta - 1]}\right\},$$

où

$$A = \varepsilon\left[q + \frac{p_H}{\cos\theta}(\exp.\alpha\cos\theta - 1)\right],$$

x et y étant les distances géométriques comptées le long de la direction θ à partir du lieu de formation, q est la masse superficielle de l'écran local exprimée dans les mêmes unités que p.

6. Afin d'éliminer H, grandeur inconnue, nous avons comparé l'intensité du rayonnement capable de traverser 40^{cm} Pb mais arrêté par 100^{cm} Pb à 3450^{m} d'altitude, avec celle du rayonnement capable de traverser 5^{cm} Pb mais arrêté par 65^{cm} Pb au niveau de la mer. Le rapport, égal à $1,8 \pm 0,5$, nous donne la fraction des mésotons ayant subi la désintégration sur le trajet de $3^{km},4$, trajet équivalent à 35^{cm} Pb au point de vue de pertes par ionisation. Après intégration graphique de l'équation ci-dessus, nous obtenons $1/W = 4 \pm 2.10^{-5}$ sec/10^9eV, valeur 10 à 20 fois supérieure à celle obtenue en introduisant dans les formules de Yukawa la masse $m_u = 200 m_0$.

7. Les raisons de ce désaccord peuvent être les suivantes :

a. l'erreur dans nos mesures est supérieure à notre estimation ;

b. les suppositions théoriques faites plus haut sont incorrectes, notamment *a* et *b*.

c. le rayonnement pénétrant contient des corpuscules non désintégrables, comme des protons par exemple ;

d. la valeur de la masse m_u choisie ici est incorrecte ;

e. l'évaluation numérique de W basée sur la théorie du noyau n'est pas exacte.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur un rayonnement mou émis lors de la capture des neutrons par les noyaux.* Note de M. **Bruno Pontecorvo**, présentée par M. Jean Perrin.

Le rayonnement γ émis par les noyaux lors de la capture du neutron a été l'objet de nombreuses recherches ([1]); on sait maintenant que la radiation émise n'est pas homogène, comme d'ailleurs la théorie le prévoit. En effet le noyau nouvellement formé tombe à l'état fondamental en expulsant l'excès d'énergie (correspondant à la liaison du neutron) en plusieurs sauts quantiques. Cependant, malgré les nombreuses recherches sur le rayonnement de capture, la partie très molle de ce rayonnement n'a pas encore été étudiée.

Nous avons entrepris une recherche systématique sur plusieurs éléments, en vue d'étudier la partie molle du rayonnement de capture : ici, nous signalons seulement quelques résultats relatifs à l'Au et au Cd; les détails seront publiés dans un autre Recueil.

Après quelques expériences, nous avons préféré à la méthode des coïncidences la méthode de l'absorption directe du rayonnement de capture par un seul compteur. Nous avons utilisé un compteur avec une paroi très mince (5 microns d'Al), rempli d'air à la pression atmosphérique et fonctionnant sous 5000 volts. D'autre part, pour favoriser les composantes molles, nous avons expérimenté sur des épaisseurs très minces de radiateur.

Les sources utilisées étaient Rn + Be (30 mC) et Rd Ac + Be (intensité en neutrons égale à 20 mC de Rn + Be); cette dernière, émettant des rayons très absorbables, est très indiquée pour les recherches de ce genre. Le dispositif a déjà été décrit ([2]) : le compteur est entouré de paraffine; la distance entre la source et le compteur est $> 20^{cm}$ et variable suivant l'intensité et le genre de la source. L'espace entre la source et le compteur est rempli de Pb, pour diminuer l'effet des rayons γ provenant de la source. L'élément étudié ayant la forme d'un cylindre creux, était placé autour du compteur. Les absorbants étaient également cylindriques et étaient placés entre le radiateur et le compteur.

Si l'on tient compte des effets de fond, pour l'évaluation desquels nous renvoyons à la référence ([2]), on trouve que *le rayonnement émis* en présence

---

([1]) Voir pour la bibliographie : H. A. Bethe, *Rev. Modern Phys.*, 9, 1937, p. 69.
([2]) B. Pontecorvo, *Journal de Physique*, 7, 1936, p. 511.

de la source de neutrons, par $0^{mm},03$ de Cd *est extrêmement absorbable* : il est réduit de moitié par $0^{mm},03$ d'Al. Si l'on tient compte du fait qu'une partie du rayonnement, correspondant à peu près à un tiers du nombre des coups enregistrés, n'est pratiquement pas absorbée par des épaisseurs ultérieures d'Al, il semble improbable que le rayonnement mou observé soit composé de *photons* ayant une énergie de quelques keV. D'autres mesures ont montré : 1° que ce rayonnement est composé d'électrons mous, et 2° qu'il est lié à la forte absorption des neutrons thermiques par le Cd. Un rayonnement très absorbable est aussi émis par l'Au ($0^{mm},01$).

Nous pensons que les rayonnements très absorbables observés composés d'électrons, sont émis par conversion interne au cours des différentes transitions qui portent dans son état fondamental le noyau ayant capturé le neutron : les transitions de faible énergie, dans le spectre du rayonnement de capture (ordre de 100 kV), sont donc présentes, ainsi que la théorie le prévoit.

D'autre part il y a plusieurs raisons ([3]) de penser que les transitions radiatives très converties ne constituent pas un phénomène exceptionnel, et nous croyons voir dans les résultats exposés ci-dessus une confirmation de ces idées.

Signalons en passant une conséquence pratique de ces mesures : un compteur en Cd mince ou, ce qui revient au même, un morceau de Cd d'épaisseur convenable en présence d'un compteur à paroi mince (5^{μ} d'Al) constitue un détecteur de neutrons thermiques extrêmement sensible.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la mesure des rayonnements* γ *de grandes fréquences par la méthode des paires de matérialisation.* Note ([1]) de M. **Claude Magnan**, présentée par M. Maurice de Broglie.

J'avais étudié ([2]) l'apparition de paires de matérialisation du rayonnement γ émis par le chlore lors de son bombardement par des particules α. Les éléments correspondants des paires se présentaient sous forme de pics de même énergie et d'une grande étroitesse. Ceci était en contradiction avec la théorie de Bethe et Heitler ([3]) sur les paires.

([3]) B. Pontecorvo, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 230.

([1]) Séance du 24 octobre 1938.
([2]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1147.
([3]) *Proc. R. Soc.*, 146, 1934, p. 83.

Pour m'assurer si ce résultat n'était pas dû à la forme géométrique du spectrographe à focalisation magnétique employé, j'en fis varier la fente de collimation en l'agrandissant dans les limites d'une bonne résolution. J'ai alors étudié le rayonnement γ émis par le radiothorium. Je me suis astreint à chercher les paires de matérialisation de la raie γ, $h\nu = 2,62$ MeV (valeur donnée par Ellis), qui apparaît dans la transformation ThC″ → ThD. L'exploration des spectres d'énergies des électrons et positons me donna les deux courbes de la figure 1.

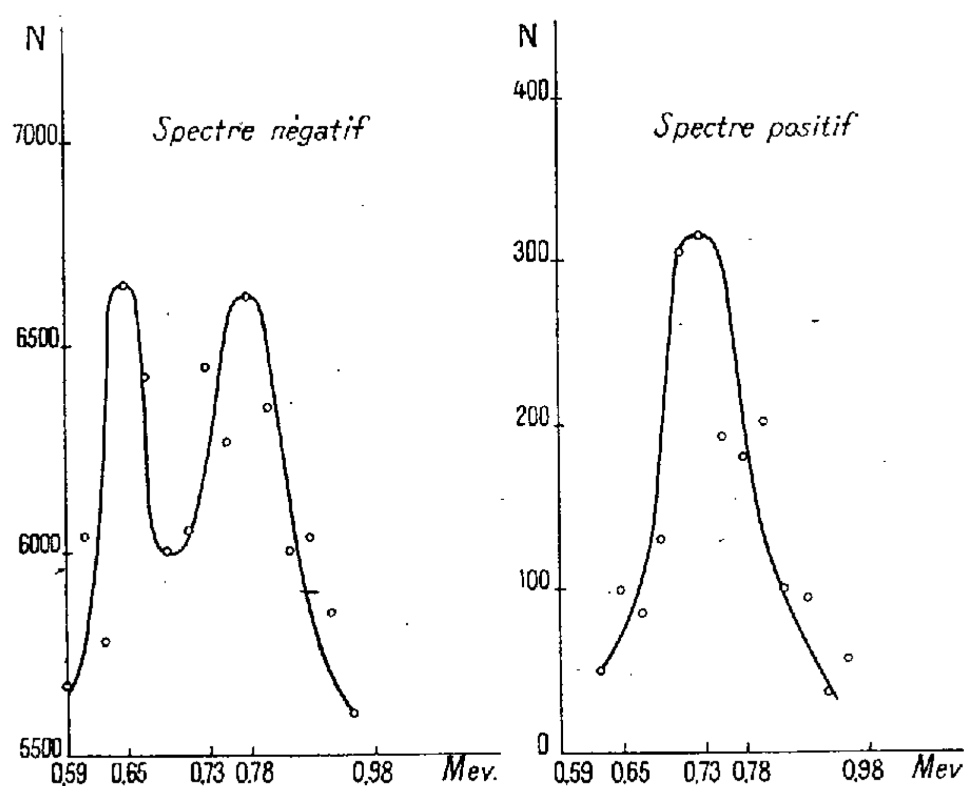


Fig. 1.

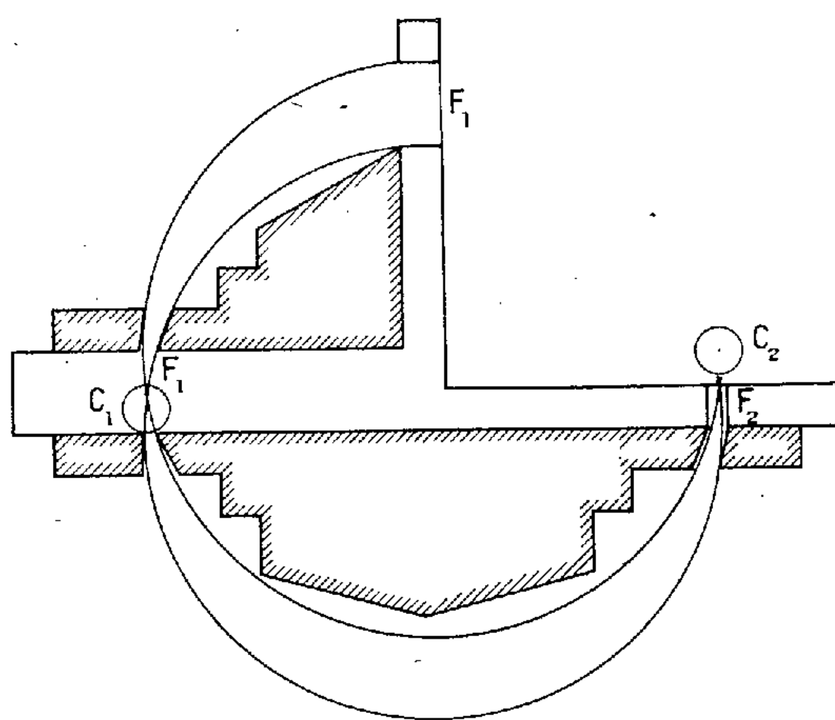


Fig. 2.

Dans le spectre des positons j'ai trouvé un pic dont l'énergie est 0,734 MeV et dans le spectre des électrons un pic dont l'énergie est 0,78 MeV. La demi-valeur de l'énergie totale des paires qui proviendraient de $h\nu = 2,62$ MeV serait 0,8 MeV. On voit que l'élément négatif s'en éloigne peu et la différence entre les énergies des éléments positifs et négatifs serait de 0,046 MeV. Je suis certain que ces deux pics représentent la répartition d'énergie dans le spectre des éléments positifs et négatifs des paires créées par la raie γ de 2,62 MeV. J'obtiens alors une valeur expérimentale de $h\nu = 2,53$ MeV avec une erreur relative de 4 pour 100 par rapport à la valeur connue. Ces courbes constituent la moyenne de dix courbes semblables. Le pic, qui accompagne celui d'énergie 0,78 MeV du spectre des électrons, représente la répartition d'énergie des électrons de recul de la raie 0,726 MeV (valeur donnée par Ellis), qui apparaît dans la transformation ThC → ThC′. La valeur expérimentale est 0,730 MeV, en bon accord avec la valeur connue.

Les courbes de la figure 1 ne permettent pas d'établir le rapport entre les intensités des pics de positons et d'électrons, car l'effet direct du rayonnement γ sur le compteur de Geiger est trop grand et les électrons de recul parasites trop nombreux. Pour la même raison, je n'ai pu obtenir les parties de hautes et basses énergies du spectre des électrons.

Si l'on examine le pic des positons, le plus pur, on trouve que la largeur est encore plus petite que la théorie de Bethe et Heitler ne le laisserait prévoir.

Delsasso, Fowler et Lauritsen ([4]), étudiant avec une chambre de Wilson le rayonnement γ de 17,5 MeV de $Li^7(p, \gamma)$, mettent nettement en évidence ce quantum par des paires de matérialisation. La courbe expérimentale, qu'ils obtiennent pour caractériser le nombre d'électrons ayant une fraction donnée de l'énergie totale des paires est en bon accord avec la courbe de la théorie de Bethe et Heitler, qui donne la probabilité de répartition de l'énergie entre les membres d'une paire. Elle est cependant moins large que cette dernière.

Le fait que l'écran de plomb ait $0^{mm},2$ d'épaisseur et que, seuls les électrons ou positons émis par l'écran dans un angle solide de 30° autour de la direction du rayonnement incident, sont étudiés dans le spectrographe, ne permet pas de savoir la raison de l'étroitesse des pics présentés par les spectres.

De toutes façons cette méthode de mesure des rayonnements γ s'avère intéressante.

Désirant dégager l'effet des paires observées du zéro de l'appareil dû à l'action directe du rayonnement sur le compteur de Geiger et des électrons de recul parasites, j'ai réalisé une nouvelle disposition du spectrographe à focalisation magnétique (*fig.* 2).

Les électrons pénétrant dans l'appareil normalement à la fenêtre F_1 passent à travers un compteur de Geiger C_1, puis à travers la fenêtre de sortie F_2 et à travers le compteur C_2. Le compteur C_1 et le compteur C_2 sont montés en *coïncidence*, de façon que, seul, un électron passant par C_1 et C_2 et par les fentes de collimation, peut être compté. De cette façon l'action directe du rayonnement sur chacun des compteurs est supprimée. L'appareil peut fonctionner en remplaçant la fenêtre d'entrée F_1 par la fenêtre F'_1. La traversée du compteur C_1 nécessite une correction. Elle élève de plus la limite inférieure du spectrographe de 0,150 MeV à 0,3 MeV.

([4]) *Phys. Rev.*, 51, 1937, p. 391.

PHYSICOCHIMIE. — *Étude par rayons X du revenu de la solution solide aluminium-magnésium.* Note [1] de MM. **Paul Lacombe** et **Georges Chaudron**, présentée par M. Léon Guillet.

Nous avions étudié [2] la décomposition de la solution solide aluminium-magnésium en suivant l'effet des revenus à différentes températures par la mesure des potentiels de dissolution et par des essais de corrosion. Nous avons voulu préciser notre étude par l'analyse aux rayons X, en utilisant la méthode dite *des diagrammes en retour.*

Pour augmenter la précision, on superpose au diagramme de l'alliage étudié celui d'une substance étalon (NaCl) [3]. La microphotométrie des raies 511 ($CuK\alpha^1$) de l'alliage et 320 de l'étalon nous assure une précision supérieure à 0,0003 Å sur la mesure de l'arête du cube élémentaire. Nous avions soin d'employer la même baguette d'alliage, irradiée toujours au même point, afin d'éviter toute erreur due à une hétérogénéité accidentelle de l'échantillon. Nos alliages ont été pourtant homogénéisés avec le plus grand soin par plusieurs recuits de longue durée (24 heures) à 445°, alternés de forgeages à froid. Nous avons préparé ces alliages à partir de métaux de grande pureté (aluminium raffiné et magnésium bisublimé).

Les courbes ci-contre résument les résultats de ces mesures de paramètre en fonction de la durée de revenu à 200°. Il est important de remarquer que le paramètre des alliages à forte teneur en magnésium (courbe n° 1, 13,5 pour 100 et courbe n° 2, 12 pour 100) passent après un revenu d'une durée de quelques minutes par un maximum très net ($4,111_3$ Å à $4,115_8$ pour le 13,5 et de $4,102_8$ à $4,106_4$ Å pour le 12 pour 100), aucun précipité n'est encore visible au microscope. Ces maxima anormaux se signalent par une très grande finesse des raies; on ne peut donc pas les expliquer par un enrichissement en magnésium de certains individus cristallins au détriment de leurs voisins. Nous avons donc émis l'hypothèse qu'il y avait au début du revenu une migration des atomes de magnésium qui viennent occuper dans le réseau de la solution solide primitive des positions privilégiées. On obtiendrait ainsi un état ordonné précédant la précipitation proprement dite.

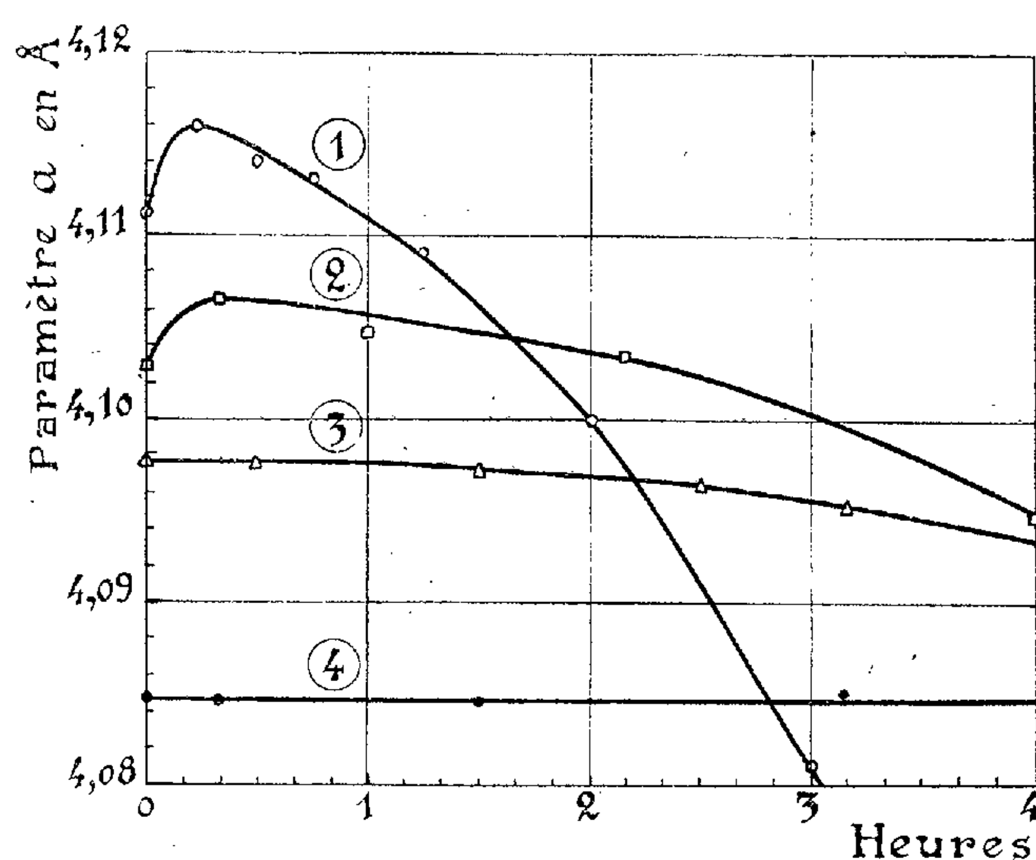
---

(1) Séance du 2 novembre 1938.

(2) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1790.

(3) J. Bénard, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 912; R. Faivre et A. Michel, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 159.

La vitesse de formation de cet arrangement préliminaire augmenterait avec la teneur en magnésium. C'est ainsi que pour les teneurs moyennes (11 et 9 pour 100) (courbes 3 et 4 de la figure 1), le paramètre reste invariable pendant un temps très prolongé (1 heure 30 pour le 11 pour 100 et 30 heures pour le 9 pour 100), bien qu'une précipitation nette soit déjà visible au microscope (7 heures pour le 9 pour 100). Il semblerait donc que la variation de paramètre due à la réorganisation soit compensée par la précipitation. On peut du reste observer de nouveau un maximum dans la



Variation du paramètre de la solution solide aluminium-magnésium en fonction de la teneur en magnésium et de la durée du revenu à 200°.

courbe des paramètres en ajoutant pour ces mêmes teneurs en magnésium une faible addition de zinc, élément qui retarde la précipitation. Notons que ces maxima anormaux ne se retrouvent pas si les revenus sont effectués à des températures supérieures à 280°.

L'arrangement préliminaire mis en évidence par ces maxima de paramètre permettrait d'expliquer le potentiel de dissolution très négatif que nous avions signalé (1) au début du revenu à basse température de ces solutions solides. De même il serait en bon accord avec l'anomalie à 280° que l'on peut constater sur les courbes dilatométriques ou de conductibilité électrique que nous avons faites sur les alliages revenus au-dessous de cette température.

Enfin, si nous examinons au point de vue de la netteté ou du flou des raies nos enregistrements photométriques, nous constatons que l'arrange-

ment intermédiaire au début du revenu correspond à un affinement des raies. Mais, au bout d'un certain temps, on observe la formation d'un flou non symétrique par rapport au maximum d'intensité de la raie : il présente en effet un bord net vers les fortes teneurs en magnésium, ce qui permet de continuer les déterminations de paramètre.

Si le revenu se prolonge, ce flou s'étend de plus en plus pour atteindre, sans jamais la dépasser, une limite correspondant à la teneur de la solution solide en équilibre à la température du revenu. La largeur du flou ne permet plus de caractériser la solution solide par un paramètre unique, mais plutôt par une série de valeurs s'étageant entre les deux limites extrêmes relativement nettes. La valeur plus ou moins grande de cet intervalle donne une mesure de l'hétérogénéité chimique. Le maximum de cette hétérogénéité correspond au maximum de vitesse de dissolution dans les acides que nous avons observés dans notre Note précédente (1).

Ce flou dissymétrique ne correspond pas à une augmentation notable des forces de tension interne, car nous vérifions avec des métaux extra purs ce que nous avions déjà constaté avec des alliages industriels (4) : la décomposition de la solution solide pure aluminium-magnésium ne s'accompagne pas d'un durcissement structural proprement dit appréciable.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Recherche des halogènes à la touche*. Note de MM. **Clément Duval** et **Gabriel Mazars**, présentée par M. Marcel Delépine.

La présente Note a pour but la recherche et la distinction à la touche, des ions Cl^-, Br^- et I^-. Cette analyse micro-qualitative se fait en quatre opérations.

La première est basée sur le fait que ces trois ions déplacent l'ion Ag^+ du ferrocyanure d'argent; l'ion $[Fe(CN)^6]^{----}$ libéré peut alors agir sur l'ion Fe^{++} avec production de complexes fortement colorés en vert émeraude ou en bleu.

Il faut d'abord préparer un papier réactif au ferrocyanure d'argent en plongeant, pendant cinq minutes, une feuille de papier photographique au citrate d'argent dans une solution aqueuse de ferrocyanure de potassium à 10^g par litre. Le papier est alors soigneusement lavé avec l'eau distillée puis avec une solution aqueuse très étendue de nitrate d'argent pour

(4) P. Lacombe, *Métaux et Corrosion*, 13, 1937, p. 131.

éliminer les dernières traces de ferrocyanure de potassium. Après un dernier lavage à l'eau distillée, la feuille est plongée dans une solution aqueuse de sulfate ferreux à 10 pour 100 et séchée sans rinçage. Elle doit rester parfaitement blanche et se conserve bien en vase clos, à l'abri de la lumière.

Sur un carré de 2^{cm} de côté de ce papier réactif, on dépose la goutte à essayer; si elle contient l'un des ions Cl^-, Br^- ou I^-, une coloration *verte* virant au bleu se développe rapidement. On peut aussi laver le papier à touche; une tache bleue, plus nette encore, persiste à la place de la goutte. On peut la conserver, la projeter à la lanterne etc.

Les fluorures, cyanures, sulfocyanures, ferricyanures ne gênent pas la réaction. Les chlorates, bromates et iodates, qui sont réduits par le sulfate ferreux, donnent la même teinte que les ions simples correspondants. L'ion phosphomolybdique donne du bleu de molybdène avec le sel ferreux, quoique les acides phosphorique et molybdique, pris isolément, n'interfèrent pas. D'autre part les thiosulfates, seuls parmi les dérivés du soufre, donnent une coloration bleue mais ils peuvent être détruits préalablement par une goutte d'acide acétique.

La sensibilité absolue pour le chlore, le brome et l'iode est très grande puisqu'elle atteint 1/10 de gamma. Suivant la marque de papier au citrate, on peut encore descendre plus bas. La réaction se manifeste aussi avec les trois halogènes gazeux, libérés de leurs sels par le permanganate de potassium et réagissant dans l'un des appareils à gaz précédemment décrits par l'un de nous [1]. Il faut indiquer maintenant comment les trois ions Cl^-, Br^-, I^- peuvent être distingués les uns des autres et distingués des chlorates, bromates, iodates et phosphomolybdates.

Dans un deuxième essai, une goutte de liqueur primitive est déposée sur un papier au citrate d'argent; on laisse sécher la goutte puis, on plonge le papier dans une solution concentrée d'ammoniaque pendant cinq minutes. On expose alors le papier pendant une minute, à 20^{cm} d'une lampe électrique fournissant 100 bougies. Après lavage à l'eau distillée, on procède au développement, en pleine lumière, avec le révélateur génol-hydroquinone. Dans ces conditions, les bromures et les iodures seuls donnent une *tache noire sur fond chamois* dont la sensibilité absolue est 0,5 gamma.

Le troisième essai consiste à déposer la goutte étudiée sur un papier au

---

[1] Clément Duval, *Revue scientifique*, 76, 1938, p. 281.

citrate d'argent, à l'éclairer comme il est dit plus haut pendant 20 à 30 secondes et à développer dans une solution aqueuse concentrée de sulfate ferreux puis à tremper le papier dans une solution normale d'ammoniaque. Les chlorures et les bromures seuls fournissent une *tache noire* dont la sensibilité absolue est encore $0^{\gamma},5$.

Dans le quatrième essai, on peut disposer tout simplement la goutte sur un papier au bromure d'argent, éclairer pendant 20 secondes et développer avec le mélange génol-hydroquinone. Les bromures ne donnent évidemment rien tandis que les chlorures et les iodures fournissent une *tache blanche* parfois *grisâtre*.

Nous n'avons retenu que les opérations les plus sensibles et les plus rapides parmi les dizaines de combinaisons que nous avons envisagées et nous sommes maintenant en mesure de fournir un tableau systématique d'analyse des trois ions Cl^-, Br^- et I^- :

Essai.	Cl.	Br.	I.
1....................	+	+	+
2....................	—	+	+
3....................	+	+	—
4....................	+	—	+

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le magnésien du bromopentaméthylbenzène.* Note [1] de M. **Henri Clément**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons étudié [2] l'action de diverses fonctions sur le bromure de pentaméthylphénylmagnésium $(CH^3)^5C^6MgBr$. Nous communiquons aujourd'hui quelques résultats complémentaires.

1. *Action de* $CH^3—CHO$. — L'aldéhyde éthylique agit facilement sur le magnésien étudié, préparé lui-même par la méthode d'entraînement de Grignard [3]. La réaction s'arrête après l'addition de 60 pour 100 de la quantité théorique d'aldéhyde, car la formation du magnésien est accompagnée de celle de l'éthylpentaméthylbenzène [4]. L'entraîneur employé était le bromure d'éthyle.

Après traitement habituel du complexe magnésien, une longue et très

(1) Séance du 2 novembre 1938.
(2) H. Clément et J. Savard, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1742.
(3) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 625.
(4) *Bulletin Société Chimique de France*, 5, 1938, p. 1031.

délicate séparation des produits formés, par cristallisations et distillations fractionnées répétées, permet d'isoler, à côté du carbure mixte, un peu de *pentaméthylphényl-méthyl-carbinol* $(CH^3)^5C^6 - CHOH - CH^3$.

C'est un corps blanc, bien cristallisé, peu soluble dans l'alcool froid, fondant à 141°. *Analyse* $C^{13}H^{20}O$. Calculé pour 100, C 81,25; H 10,42; trouvé pour 100, C 81,17; H 10,48. Masse moléculaire par cryoscopie, calculée 192, trouvée 193.

Le rendement en carbinol pur, calculé à partir du bromopentaméthylbenzène primitif, est de 5 pour 100.

On a préparé l'acétate de cet alcool; il est peu soluble dans l'alcool bouillant et fond à 157°.

2. *Action de* H — CHO. — Le carbinol attendu, l'alcool pentaméthylbenzylique, ayant pour masse moléculaire 178, on a employé comme entraîneur le bromure de méthyle, afin d'éviter la formation de l'éthylpentaméthylbenzène dont la masse moléculaire est 176. L'hexaméthylbenzène se sépare facilement soit par distillation, soit par cristallisation dans l'alcool.

La vapeur d'aldéhyde formique, obtenue par chauffage au bain de sable du trioxyméthylène, est envoyée dans la solution magnésienne préparée comme précédemment. On traite ensuite le complexe magnésien par l'acide sulfurique très étendu afin de décomposer le trioxyméthylène reformé.

Après extraction à l'éther, on chasse celui-ci et reprend à l'alcool. On sépare par cristallisation fractionnée dans l'alcool, en sus des produits de récupération (hexaméthylbenzène, pentaméthylbenzène et bromopentaméthylbenzène), un peu d'alcool *pentaméthylbenzylique* bien cristallisé et fondant à 136°-137°.

Analyse. $C^{12}H^{18}O$, trouvé pour 100, C 80,77; H 10,30; calculé pour 100, C 80,90; H 10,11. Masse moléculaire par cryoscopie, calculée 178, trouvée 177.

A titre de contrôle, on a oxydé ce carbinol par le permanganate et obtenu l'acide pentaméthylbenzoïque.

L'acétylation ne permet pas d'isoler un ester défini (déshydratation partielle).

3. *Action de* $C^6H^5 - COOC^2H^5$. — Le benzoate d'éthyle additionné de cinq fois son volume d'éther est lentement versé dans la solution magnésienne préparée à partir de 2/10 de molécule-gramme de bromure d'éthyle et d'une quantité équivalente de bromopentaméthylbenzène ([5]). La réac-

([5]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 425.

tion, très énergique, s'arrête quand on a ajouté 85 pour 100 de la quantité théorique, quantité calculée en supposant que la deuxième phase habituelle n'ait pas lieu.

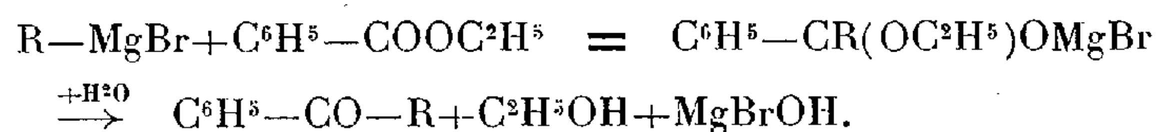
Après traitement normal, on obtient par cristallisation dans l'alcool :

a. l'éthyl-pentaméthylbenzène et le bromopentaméthylbenzène n'ayant pas réagi;

b. puis, par distillation fractionnée sous vide des résidus alcooliques, du pentaméthylbenzène et de la *pentaméthylbenzophénone* cristallisée en aiguilles prismatiques fondant à 125°.

Analyse. $C^{18}H^{20}O$, trouvé pour 100, C 85,64; H 8,01; calculé pour 100, C 85,72; H 7,93. Masse moléculaire par cryoscopie, calculée 252, trouvée 250.

La réaction est analogue à celle du chlorure de benzoyle, qui se borne également à la première phase :



$$R-MgBr+C^6H^5-COOC^2H^5 = C^6H^5-CR(OC^2H^5)OMgBr$$
$$\xrightarrow{+H^2O} C^6H^5-CO-R+C^2H^5OH+MgBrOH.$$

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la structure complexe de la basse stratosphère*. Note [1] de MM. **V. Mironovitch** et **A. Viaut**, présentée par M. Robert Bourgeois.

Les radiosondages quotidiens de Saint-Cyr et du *Carimaré*, navire de l'O. N. M., nous ont permis de vérifier quelques hypothèses concernant la structure de la *tropopause*, basées sur *les phénomènes advectifs*.

A. *Invasions d'air polaire*. — La figure 1 schématise le cas où une masse d'air polaire, originaire du 50e parallèle, atteint le 35e parallèle en conservant sa stratosphère plus basse et plus chaude que celle correspondant à la latitude du 35e parallèle. Les surfaces de discontinuité prennent les formes CC″ et CC′, et si deux sondages étaient effectués aux points A et S (*fig* 1), ils donneraient les résultats représentés sur la partie droite de la figure 1.

En *b* ou *q* nous entrons dans la stratosphère polaire; de *c* à *d* ou de *u* à *v*, légère chute de température due à la détente par ascension forcée de la stratosphère polaire; de *r* à *t* chute considérable de température, corres-

(1) Séance du 2 novembre 1938.

pondant à la partie supérieure de la troposphère tropicale; en *t* entrée dans la stratosphère tropicale; à partir de *d* ou de ν, retour vers la température initiale de la stratosphère polaire, car il peut y avoir mélange à très haute altitude entre la stratosphère polaire et la stratosphère tropicale.

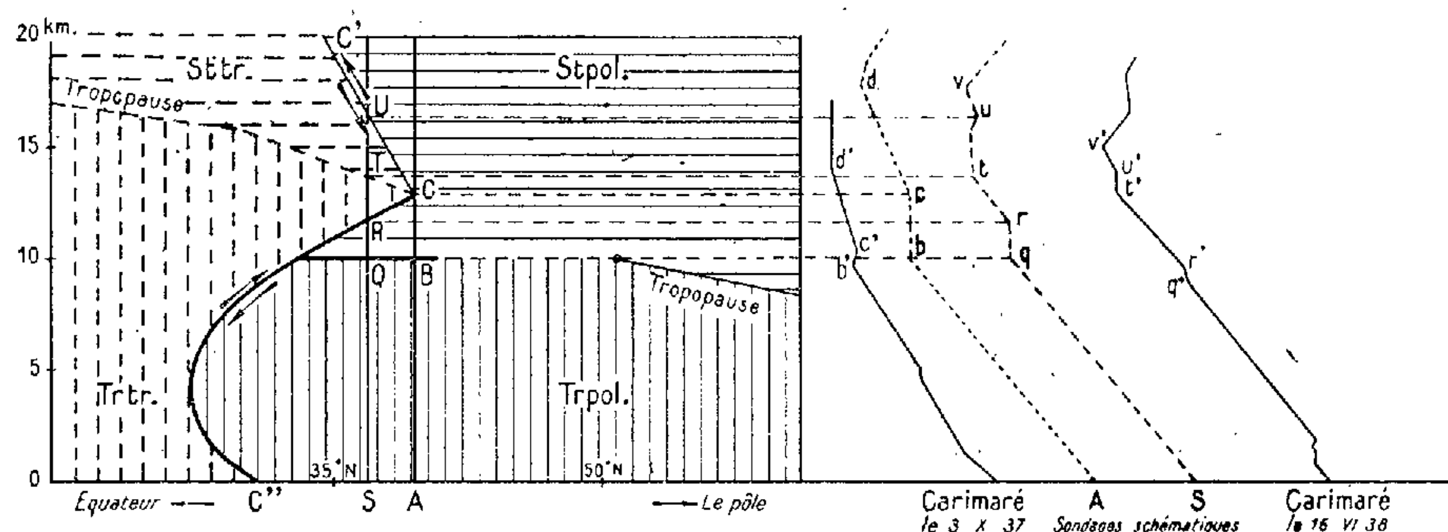


Fig. 1.

Schéma d'une invasion polaire troposphérique et stratosphérique.
cc'c", surface limite entre l'air polaire et l'air tropical; Trpol, Troposphère polaire; Trtr, tropopause tropicale; Stpol, stratosphère polaire: Sttr, stratosphère tropicale.
Les directions du mouvement des particules d'air par rapport à un système de référence lié à la masse Pm sont représentées par des flèches.

Comparaison des sondages de température schématiques sur les verticales A et S aux radiosondages réels du *Carimaré* postérieurs à une invasion polaire.
Les points marquants sont désignés par les mêmes lettres.

On a représenté en même temps, sur la figure 1, deux sondages *réels* du *Carimaré*, *postérieurs* à une invasion polaire. On ne peut pas, bien entendu, trouver une ressemblance parfaite entre les courbes réelles et les courbes théoriques qui sont forcément très simplifiées. Mais la *succession* des points singuliers dans les deux séries de courbes est la même; l'isothermie est pourtant fréquemment remplacée par une croissance de température vers le haut.

B. *Invasions d'air tropical.* — Considérons maintenant le cas (schéma de la figure 2) dans lequel l'air tropical originaire du 40e parallèle envahit les régions situées au nord du 50e parallèle. Il trouvera à cette latitude une troposphère plus froide et une stratosphère plus chaude. Les surfaces de discontinuité prendront la forme KEF; si l'on imagine suivant les verticales D, D_2 et D_1, trois sondages D, D_2 et D_1, comme nous l'avons fait dans le cas des invasions polaires, on constate qu'au point O du sondage D_2, l'inversion sera très prononcée, car l'on passe immédiatement de la tropo-

sphère tropicale froide à la stratosphère polaire relativement chaude (voir la partie droite de la figure 2).

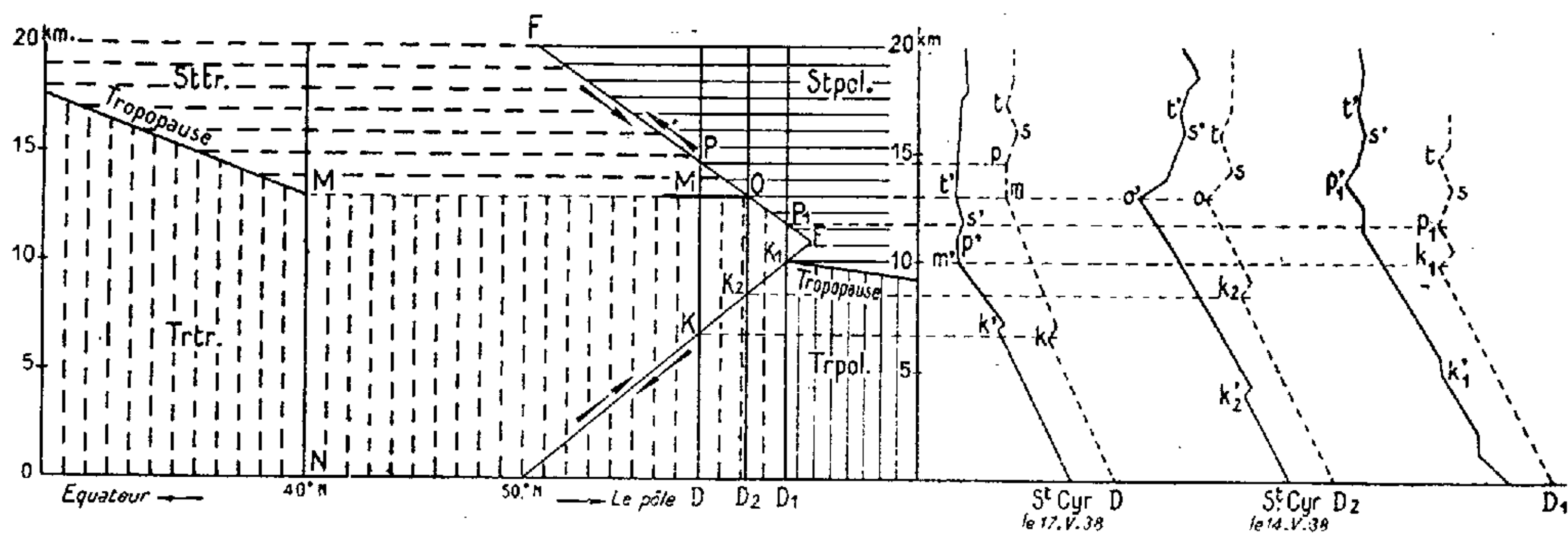


Fig. 2.

Schéma d'une invasion tropicale troposphérique et stratospbérique.
KEF, surface limite entre l'air tropical et l'air polaire; Sttr, stratosphère; Stpol, stratosphère polaire; Trtr, troposphère tropicale; Trpol, troposphère polaire.

Sondages de température schématiques sur les verticales D_1, D_2 et D en comparaison avec les radiosondages de St-Cyr postérieurs à une invasion tropicale. Les points marquants sont désignés par les mêmes lettres.

Pour permettre la comparaison avec des conditions *réelles*, nous avons choisi trois radiosondages de Saint-Cyr *postérieurs* à une invasion tropicale.

Tout comme dans le cas précédent, la ressemblance entre les courbes théoriques et les courbes réelles est satisfaisante.

En faisant varier les pentes des surfaces de discontinuité principales et les lieux de sondages, on peut obtenir une grande diversité d'aspects théoriques de la tropopause. Un seul trait restera cependant caractéristique pour toutes ces variétés : une inversion (de premier ou de deuxième ordre) aux environs de 10^{km}, suivie d'une autre au-dessus de la première (presque toujours de deuxième ordre) avec faible abaissement de température (détente) entre les deux.

Nous avons appelé ce phénomène *dédoublement de la tropopause.*

Cette étude, ainsi que notre expérience, basée sur l'analyse quotidienne des radiosondages, permettent de dire que l'évolution à grande échelle des masses d'air troposphériques modifie toujours l'aspect de la tropopause; cette évolution est donc accompagnée de changements profonds dans la structure de la basse stratosphère.

Mais, bien qu'on ne puisse encore dire quel phénomène (troposphérique ou stratosphérique) est *primaire,* ce qui est certain, c'est que le dédouble-

ment de la tropopause qui en résulte est *le plus souvent le signe d'une modification importante du champ stable, d'un changement du type de temps en cours.*

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Présence de glycérol libre et combiné dans le suc aqueux de l'olive mûre.* Note de M. **Henri Marcelet**, présentée par M. Richard Fosse.

L'expression des olives, après le broyage, fait couler, en même temps que l'huile, un liquide aqueux plus ou moins abondant suivant les récoltes. Ce suc, fortement coloré en brun rouge, fermente très rapidement dès son extraction, grâce aux nombreuses levures qu'il renferme. Il réduit fortement la liqueur de Felhing.

Densité à 15°	1032
Extrait sec à 100°	62g,62 ‰
Cendres	13g,80
Acidité exprimée en acide acétique	6g,00
Sucre réducteur exprimé en glucose	16g,42

L'hydrolyse ne change pas le pouvoir réducteur.

L'addition de sous-acétate de plomb le défèque facilement; l'excès de réactif ayant été éliminé, j'ai concentré dans le vide sans dépasser 60°. Le résidu a l'aspect d'un sirop clair, légèrement ambré, se prenant, par refroidissement, en une masse cornée : 8 litres de suc ont donné 329g d'extrait.

Ce produit renferme un mélange de matières réductrices (hexoses) parmi lesquelles j'ai pu caractériser qualitativement, dans les fractions séparées par des épuisements successifs avec de l'alcool à différents titres, les sucres suivants : glucose, fructose, mannose, galactose. Je n'ai pu les séparer quantitativement, cependant le glucose paraît exister en quantité énorme par rapport aux autres sucres. Pourait-on tirer de là une explication du taux des divers acides gras de l'huile?

J'ai alors recherché la présence du glycérol libre et combiné : 1° directement sur une solution de l'extrait; 2° sur le résidu laissé par l'évaporation de l'éther acétique ayant épuisé à chaud l'extrait; 3° sur le résidu du même traitement mais après addition de chaux.

J'ai effectué sur tous ces produits les réactions d'identification et notamment celles de Denigès : toutes ont été nettement positives.

Afin d'éliminer les causes d'erreurs pouvant provenir de la teneur et de la complexité du mélange des sucres, j'ai effectué parallèlement les essais avec des mélanges des mêmes sucres purs additionnés ou non d'une trace de glycérol. Les modifications des réactions apportées par la présence d'un excès de sucres par rapport à la trace de glycérol ajouté n'ont pas modifié l'exactitude des résultats. La présence de glycérol libre et combiné a été constatée dans l'extrait de suc d'olive.

J'ai refait les essais sur le suc lui-même et j'ai encore constaté la présence de glycérol.

Un dosage pondéral a été effectué : j'ai pesé les résidus d'évaporation de l'éther acétique ayant épuisé l'extrait d'un litre de suc d'olive, puis j'ai recommencé l'opération après addition de chaux j'ai trouvé

Glycérol libre...........	$0^g,19$	par litre de suc
» combiné	$0^g,47$	»

Ces petites quantités de produit m'ont permis d'identifier nettement le glycérol par les réactions spécifiques et par le dégagement d'acroléine par la chaleur.

Je n'ai pas pu isoler le glycéride soluble dans l'eau, dont le glycérol est mis en liberté par la chaux.

La présence dans l'olive mûre de glycérol libre n'est pas plus étonnante que celle d'un glycéride fort probablement à base d'un sucre et analogue au floridoside trouvé dans certaines algues.

L'olive constitue en effet un merveilleux laboratoire où, sous l'influence de ferments certainement très puissants, les sucres apportés par la sève ou élaborés par le fruit lui-même se transforment, suivant un processus mal connu, en glycérides d'acides gras qui constituent l'huile d'olive.

Le fait de constater la présence dans l'olive de termes intermédiaires de cette transformation [dont l'aldoléol, déjà signalé ([1])], tenus en réserve ou accidentellement inutilisés, apporte des éléments nouveaux à la connaissance de l'élaboration de l'huile d'olive.

([1]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 529.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Boragacées. Développement de l'embryon chez l'*Echium vulgare *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Les premiers cloisonnements, chez l'*Echium vulgare*, offrent peu de fixité. A un tétrade linéaire (*fig.* 2) succèdent trois types de proembryons

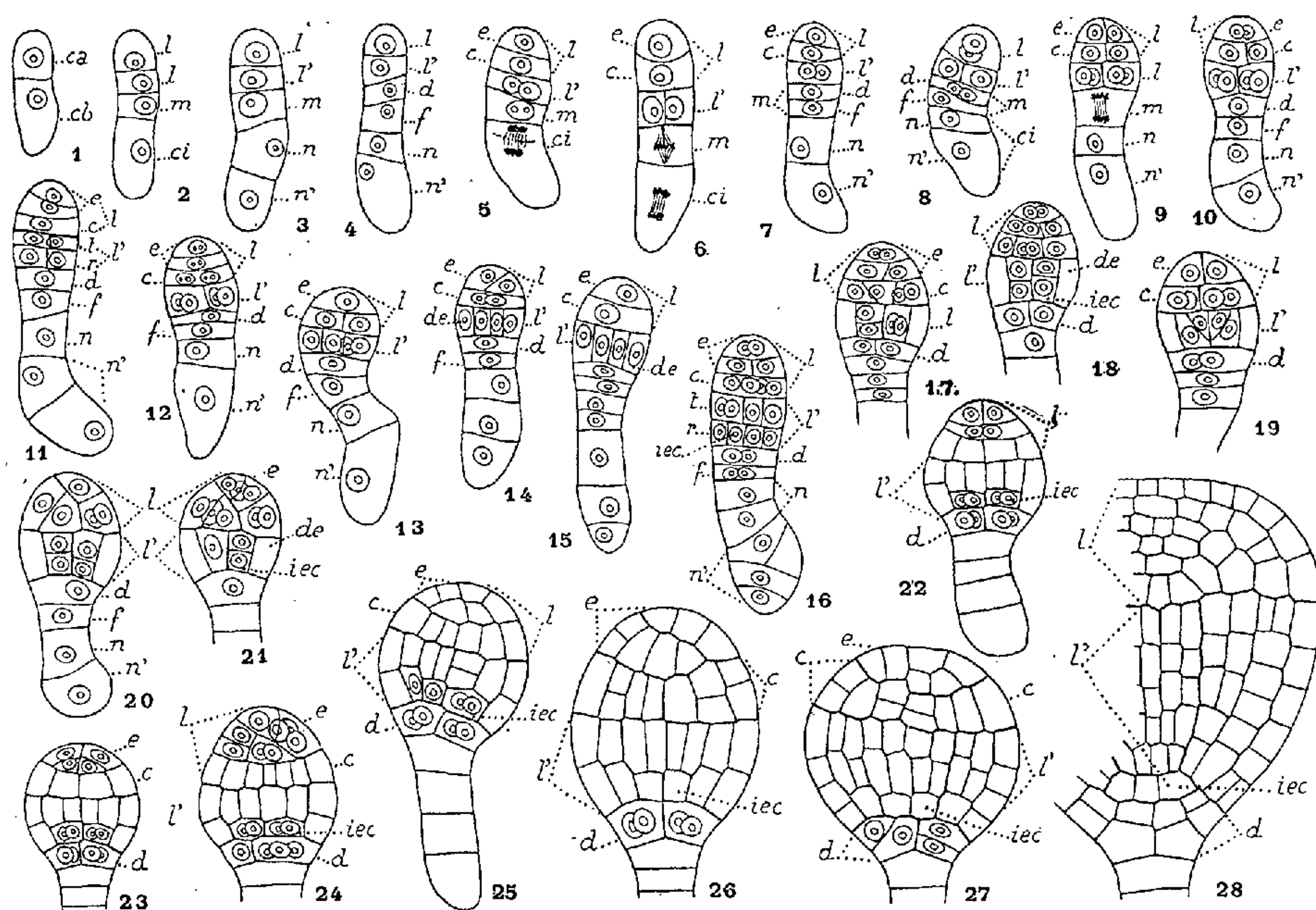


Fig. 1 à 28. — *Echium vulgare* L. Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *l* et *l'*, cellules filles de *ca* ou groupes cellulaires qui en dérivent; *m* et *ci*, cellules filles de *cb*; *d* et *f*, cellules filles de *m*; *n* et *n'* cellules filles de *ci*; *e*, cellule fille supérieure de *l* ou épiphyse; *c*, cellule fille inférieure de *l* ou assise génératrice des cotylédons; *t* et *r*, cellules filles superposées de *l'* ou assises qui en sont issues; *de*, dermatogène; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. En 8, la cloison séparant les deux noyaux du sommet est oblique sur le plan de la figure. Les figures 20 et 21 représentent les deux coupes voisines d'un même proembryon. G. = 300.

octocellulaires : l'un présente, dans la moitié supérieure, deux cellules superposées, *e* et *c*, au-dessus de deux cellules juxtaposées (*fig.* 7); dans le deuxième, les deux cellules terminales sont séparées par une cloison oblique (*fig.* 8); dans le troisième, les quatre éléments du sommet sont superposés.

La majorité des formes rencontrées se rapporte au premier type. Dans ce cas, la cellule supérieure, *e*, se segmente soit transversalement (*fig.* 12, 17, 18, 22), soit obliquement (*fig.* 14, 24), soit verticalement (*fig.* 19, 23). Quel que soit le mode de cloisonnement, les éléments issus de *e* forment, au pôle supérieur, un massif cellulaire qui se comporte comme une épiphyse et engendre le rudiment de la tige épicotylée. La cellule *c* donne quatre cellules circumaxiales (*fig.* 12 à 14, 17 à 19), puis une couche cellulaire aux dépens de laquelle se différencient latéralement les cotylédons. Les deux éléments juxtaposés dérivés de *l'* (*fig.* 7) donnent de même quatre cellules circumaxiales (*fig.* 9, 10, 12, 13) dans lesquelles des cloisons périclines séparent extérieurement le dermatogène, *de*, et intérieurement quatre nouveaux éléments groupés autour de l'axe (*fig.* 14, 15). Ceux-ci, par divisions transversales (*fig.* 17, 18) ou obliques (*fig.* 19), donnent naissance aux initiales de l'écorce de la racine et aux cellules mères du périblème et du plérome, selon des processus déjà décrits au sujet des *Nicotiana* et des *Hyoscyamus* (1).

Dans le deuxième type de proembryon octocellulaire, les éléments issus de *l'* se comportent comme dans les formes dérivées du premier (*fig.* 20, 21). Les deux éléments supérieurs originaires de *l* donnent quatre cellules en tétraèdre, l'une occupant le sommet constitue l'épiphyse, les trois autres engendrent l'assise génératrice des cotylédons (*fig.* 20 et 21). Les destinées et le mode de division de la cellule *l* sont comparables à ceux du même élément chez le *Myosotis hispida* (2).

C'est à un proembryon du troisième type, comportant huit étages monocellulaires, que doivent être rapportées les formes dessinées en 11 et 16. Dans ce cas, les deux cellules supérieures, *e* et *c*, issues de *l*, se comportent comme dans les formes 12, 17, 18, 22 dérivées du premier type. Les deux éléments superposés produits par *l'* donnent quatre cellules circumaxiales, puis deux assises cellulaires, *t* et *r*, génératrices, l'une de la tige hypocotylée, l'autre de la racine. Les quatre cellules intérieures de l'assise inférieure représentent les initiales de l'écorce de la racine (*fig.* 16). Chez les trois types octocellulaires, la cellule *d*, ou sa cellule fille supérieure, produit la portion médiane de la coiffe, et les cellules *f*, *n* et *n'* un court suspenseur.

En somme l'embryon de l'*Echium vulgare* se rapproche de celui des Solanacées par la tétrade, les formes octocellulaires, les destinées des éléments *l*, *l'*, *d* et par le mode de séparation des initiales de l'écorce de la racine. Il se rapproche aussi de celui du *Myosotis hispida* par la tétrade et les processus de division de l'élément *l* dans les formes appartenant au deuxième type octocellulaire.

---

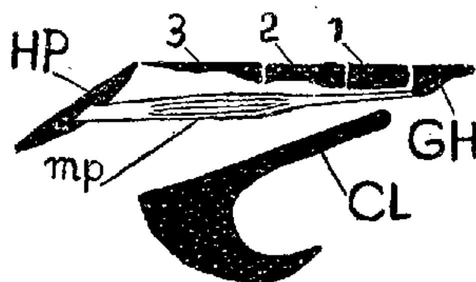
(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 1125 et p. 1279; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **69**, 1922, p. 163 et p. 236.

(2) R. Souèges, *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 726 et p. 848; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **70**, 1923, p. 385.

ZOOLOGIE. — *Rectification sur un point spécial concernant la morphologie de la musculature hypopharyngienne des Achiridés.* Note de M. **Paul Chabanaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

Ma dernière Note, relative au muscle protracteur des hypopharyngiens chez les Téléostéens dissymétriques ([1]), recèle une erreur dont la rectification s'impose.

Dans la famille des *Achiridæ*, le muscle en question ne s'insère pas sur le premier basibranchial, ainsi qu'il a été dit dans la Note en question et montré par le schéma qui fait l'objet de la figure 3, mais bien sur le glossohyal, dont l'extrémité postérieure est saillante au-dessous du niveau de la chaîne des basibranchiaux (figure ci-dessous) Rostralement, le muscle



CL, clidoste; GH, glossohyal; HP, hypopharyngien; mp, muscle protracteur de l'hypopharyngien; 1, 2, 3, basibranchiaux. (La figure est schématique.)

protracteur se continue par un long tendon, qui va s'amenuisant de l'arrière vers l'avant. Ce tendon est logé entre la membrane conjonctive qui délimite l'espace réservé aux artères afférentes et celle qui, revêtue de l'épithélium de la chambre branchiale, constitue, au-dessus du clidoste, le septum interbranchial.

A vrai dire, l'insertion du tendon sur le glossohyal ne semble pas directe. A proximité de cet os, ce tendon devient difficile à suivre par dissection simple, parce qu'il se confond avec les ligaments qui relient l'extrémité antérieure de l'arc hyoïde (glossohyal et, pour chaque branche, complexe apohyal-hypohyal) au premier basibranchial. Il n'en demeure pas moins évident que, du point de vue mécanique, l'effort de traction prend appui sur le glossohyal. Quoi qu'il en soit, le *protractor hypopharyngealis ossis* des *Achiridæ* apparaît sans rapport avec les arcs branchiaux.

En conséquence, le groupe pharyngo-basibranchien n'existe pas et les types morphologiques se répartissent de la façon suivante :

([1]) *Comptes rendus,* **207**, 1938, p. 545.

A. Groupe pharyngo-branchien : Tous les *Pleuronectiformes* de Regan; c'est-à-dire les *Scophthalmidæ*, les *Samaridæ*, les *Brachypleuridæ*, les *Pleuronectidæ* et les *Rhombosoleidæ*.

B. Groupe pharyngo-hyoïdien, lequel se subdivise en deux sous-groupes; savoir :

a. Sous-groupe pharyngo-glossien. *Achiridæ*.

b. Sous-groupe pharyngo-clidien. *Soleidæ*, *Cynoglossidæ*, *Psettodidæ* et, avec eux, tous les Percoïdes typiques (*Perca*, *Epinephelus*, etc.).

Contrairement à mes conclusions précédentes, la famille des *Achiridæ* fait preuve d'affinités morphologiques plus étroites envers les autres *Soleiformes* (*Soleidæ* et *Cynoglossidæ*) qu'envers les *Pleuronectiformes*. Dans la série des Téléostéens dissymétriques, cette famille n'en occupe pas moins une situation particulière, qui la rapproche de ceux-ci.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de séparation quantitative des composés alcooliques*. Note de MM. **Georges Sandulesco** et **André Girard**, présentée par M. Richard Fosse.

Parmi les nombreuses méthodes préconisées pour la séparation des composés alcooliques, d'un milieu complexe, seul le procédé de Haller ([1]) aux monoesters phtaliques ou succiniques présente un certain degré de généralité. Cependant, avec les termes élevés voisins ou supérieurs à C^{20}, les difficultés opératoires deviennent très grandes et les séparations incomplètes.

Les propriétés remarquables des combinaisons ammoniums quaternaires que nous avons appliquées à l'extraction des composés carbonylés ([2]) nous ont incité à chercher une technique analogue applicable aux alcools, en engageant ceux-ci sous forme d'esters bétaïniques.

Pour des raisons d'ordre pratique, nous avons donné la préférence à la préparation préalable des esters chloracétiques par action d'un excès d'anhydride chloracétique sur l'alcool, suivie de la combinaison des chloroesters formés avec une base tertiaire en milieu indifférent, *non hydroxylé*, et en vase clos.

Les esters des alcools primaires et secondaires s'obtiennent avec la plus

---

([1]) *Comptes rendus*, **122**, 1896, p. 865.

([2]) *Helvetica Chimica Acta*, **19**, 1936, p. 1095.

grande facilité par l'anhydride chloracétique à la température du bain-marie; ceux des alcools tertiaires, corps fragiles, exigent d'après Boulez [3] la dilution dans un milieu indifférent (carbure ou éther-oxyde). Il s'ensuit que la combinaison des composés alcooliques contenus dans un mélange de nature inconnue doit s'effectuer toujours dans un solvant indifférent. La méthode s'applique de même aux phénols à solubilité très faible dans les alcalis, comme c'est le cas des orthoxy-cétones.

Les esters ammoniums ainsi obtenus se dissolvent aisément dans l'eau et leur solution aqueuse peut être soumise à plusieurs extractions aux solvants, sans qu'il en résulte un partage pour la combinaison hydrosoluble. Au cours des extractions, certains dérivés ammoniums, notamment ceux des stérols, ont une tendance à émulsionner le milieu. On évite cet inconvénient par addition de 10 à 20 pour 100 d'acide acétique ou lactique à la phase aqueuse.

La grande sensibilité des esters α aminés aux alcalis, signalée comme propriété générale par E. Fischer, est précieuse pour le cas qui nous occupe. Elle permet, en effet, la régénération des alcools engagés dans la combinaison hydrosoluble, par simple addition d'un excès de potasse à la solution aqueuse maintenue à la température ordinaire.

La méthode est utilisable aussi dans le cas particulier des phénols-alcools, comme on en rencontre dans le groupe des hormones œstrogènes.

A cet effet il suffit de bloquer d'abord la fonction phénol sous forme de benzoate par la technique de Schotten-Baumann, pour séparer ensuite à l'état d'ester-ammonium, cette catégorie de composés de la multitude de phénols simples que renferme un extrait d'urine. Ce dernier procédé a reçu une application importante, en permettant d'isoler l'œstradiol et l'œstriol à partir des fractions non cétoniques des extraits d'urine de jument gravide.

Enfin son grand pouvoir d'extraction nous a permis d'isoler les constituants alcooliques contenus en très faible proportion dans les produits naturels. Ainsi, le cholestérol, à la dilution de 1^g par litre d'huile d'olive, est extrait quantitativement par cette méthode. Toutefois, le produit est accompagné d'impuretés complexes à caractère alcoolique.

Mode opératoire. — Nous effectuons la chloracétylation par chauffage à l'abri de l'humidité pendant 3 à 4 heures au bain-marie bouillant avec une quantité d'anhydride chloracétique variable (suivant l'indice d'acétyle) mais ne descendant pas au-dessous

---

(3) *Bull. Soc. Chim. France*, 4e série, 1, 1907, p. 147.

de 10 pour 100 en poids de la substance mise en œuvre; celle-ci étant dissoute dans son poids de dioxane pur.

Afin d'éliminer l'excès d'anhydride chloracétique et l'acide chloracétique formé, on dissout le mélange réactionnel dans l'éther et on lave la solution éthérée d'abord avec son volume d'eau, puis deux ou trois fois avec une solution de bicarbonate de soude.

Le produit chloracétylé brut, obtenu après distillation de l'éther, est redissous dans son poids de dioxane et introduit dans un récipient à parois épaisses. Le contenu du flacon est additionné ensuite d'un excès de 10 à 20 pour 100 de triéthylamine pure (ou de triméthylamine anhydre en solution dioxanique) par rapport à la quantité calculée suivant la teneur en hydroxyle de la substance primitive. Le flacon hermétiquement bouché est immergé dans un bain-marie et chauffé à 100° pendant 1 à 2 heures. Ce traitement transforme assez souvent la solution dioxanique en gelée par suite de l'insolubilité des chlorures d'ammoniums quaternaires.

Le flacon est refroidi lentement, puis son contenu est repris successivement avec de l'éther et de l'eau renfermant 10 à 20 pour 100 de son volume d'acide acétique. Toutes les solutions rassemblées dans une ampoule à décanter donnent deux phases distinctes, sans émulsion. On décante la phase aqueuse et l'on épuise de nouveau la solution éthérée avec un peu d'acide acétique dilué. Les solutions acides réunies, puis extraites une fois à l'éther, contiennent tous les composés alcooliques à l'état de chlorures d'esters ammoniums.

Pour régénérer les alcools, on traite la phase aqueuse additionnée d'un certain volume d'éther par une lessive de soude jusqu'à réaction alcaline persistante à la phtaléine. Il y a échauffement notable et les alcools mis en liberté sont extraits instantanément par l'éther. Une ébullition de la solution alcaline est superflue.

Il est aisé de concevoir que ce mode opératoire peut être largement modifié suivant les cas.

Bien que plusieurs alcools tertiaires se soient comportés normalement dans ce traitement, des réserves doivent être faites en ce qui concerne les substances de ce groupe très sensibles aux agents de déshydratation.

Enfin les esters méthyliques des acides-alcools ne subissant pas sensiblement de saponification au cours des traitements peuvent être séparés aisément. Ainsi dans un mélange synthétique de ricinoléate et d'oléate de méthyle l'un et l'autre peuvent être séparés quantitativement, et il semble possible d'entrevoir une application importante de la méthode dans l'analyse immédiate des corps gras.

A 15h35m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section d'Anatomie et Zoologie, par l'organe de son doyen, M. **L. Bouvier**, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par la mort de M. *F. Mesnil* :

En première ligne.........	M. **Paul Wintrebert**.
En seconde ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*...	MM. **Raoul Anthony**, **Christian Champy**, **Édouard Chatton**, **Louis Fage**, **Étienne Rabaud**.

Les titres de ces candidats sont discutés.
L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 16h30m.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 8 juin 1938.)

Note de MM. *Pierre Auger*, *Roland Maze* et Mme *Thérèse Grivet-Meyer*, Grandes gerbes cosmiques atmosphériques contenant des corpuscules ultrapénétrants :

Page 1721, ligne 16, *au lieu de* Raymond Maze, *lire* Roland Maze.

(Séance du 26 septembre 1938.)

Note de M. *Jean Bricard*, Couronnes et Anticouronnes dans les brouillards naturels au sommet du Puy de Dôme :

Page 540, ligne 17, *au lieu de* Ce fait en accord, *lire* Ce fait en désaccord.

(Séance du 3 octobre 1938.)

Note de MM. *Maurice-Marie Janot* et *Pierre Gonnard*, Indice de méthoxyle de quelques gommes et en particulier des gommes arabique et adragante :

Page 594, note (2), et page 595, note (2), *au lieu de* Bot. Z., *lire* Biochemische Zeitschrift.

(Séance du 24 octobre 1938.)

Publications de M. *Charles Killian* :

Page 705, ligne 8, *au lieu de* Charles Kilian, *lire* Charles Killian.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1938.

Dentition de lait de quelques lémuriens subfossiles malgaches, par Ch. Lamberton. Extrait de *Mammalia*, t. II, n° 2, juin 1938. Paris, Laboratoire de zoologie des Mammifères, 1938; 1 fasc. 25cm.

Félix Terrier (1837-1908). Paris, Masson et Cie, 1938; 1 vol. 26cm,5.

Étienne Rabaud. Notes et Mémoires, réédités par un groupe d'Élèves et d'Amis à l'occasion de son Jubilé scientifique. Paris, 1938; 1 vol. 26cm,5 (présenté par M. M. Molliard).

Los estudios quimicos en la Universidad nacional de La Plata, par Carlos A. Sagastume. La Plata, 1937; 1 fasc. 26cm.

Actualités scientifiques et industrielles, 643. Exposés de géométrie. IX. *Leçons sur la théorie des Spineurs*. I. *Les Spineurs de l'espace à trois dimensions*, par Élie Cartan, d'après des notes recueillies et rédigées par André Mercier. Paris, Hermann et Cie, 1938; 1 vol. 25cm.

Actualités scientifiques et industrielles, 701. Exposés de Géométrie. XI. *Leçons sur la théorie des Spineurs*. II. *Les Spineurs de l'espace à $n > 3$ dimensions. Les Spineurs en géométrie riemannienne*, par Élie Cartan, d'après des notes recueillies et rédigées par André Mercier. Paris, Hermann et Cie, 1938; 1 vol. 25cm.

Carte géologique du Congo belge et du Ruando-Urundi, à l'échelle du 1/500000e. *Légende générale*. Feuilles : *Lusambo* (n° 46) et *Tshikapa* (n° 52). Service cartographique du Ministère des Colonies et à l'Office colonial du Royaume de Belgique, 1938; 3 fasc. 23cm.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier de Monaco. Fasc. XCIX. *Recherches bactériologiques poursuivies à bord de la « Princesse-Alice »*, par Paul Portier. Monaco, Imprimerie de Monaco, 1938; 1 vol. 36cm.

Une famille de bons serviteurs de l'Académie des sciences et du Jardin des Plantes, Les Lucas, par Alfred Lacroix. Extrait du *Bulletin du Muséum national d'histoire naturelle*, 2e série, Tome X, n° 5, 1938; 1 fasc. 24cm,5.

Les grands courants d'idées en sélection betteravière, par Henri Colin. Extrait du *Bulletin de l'Association des chimistes*, n° 7, 1938; 1 fasc. 24cm.

Tidal Forces in the Sun's Corona due to Planets, par K. G. Meldahl. Copenhagen, Berlingske Forlag, 1938; 1 vol 29cm,5 (en langue danoise).

La maladie d'Aujeszky, par Paul Remlinger et Jacques Bailly. Paris, Masson et Cie, 1938; 1 vol. 25cm.

Flore de la Guadeloupe et Dépendances. Tome II. *Catalogue des Phanérogames et Fougères avec contribution à la Flore de la Martinique.* Fasc. 1er, par HENRI et M. STEHLÉ et L. QUENTIN. Basse-Terre, Imprimerie catholique, 1937; 1 vol. 22cm,5.

Principes d'agronomie. Tome I, *La dynamique du sol*, par ALBERT DEMOLON. Paris, Dunod, 1938; 1 vol. 25cm,5 (présenté par M. E. Schribaux).

Humus, par SELMAN WAKSMAN. Seconde édition. Baltimore, The Williams et Wilkins Company, 1938; 1 vol. 23cm,5 (en langue anglaise).

Comité national français et Comité national marocain de géodésie et géophysique. Années 1933-1934-1935-1936. *Compte rendu,* publié par le Secrétaire général du Comité français, GEORGES PERRIER, et assisté du Commandant P. TARDI. Paris, Secrétariat général du Comité français, s. d.; 1 vol. 24cm.

Catalogue of Foreign Scientific Serial Publications in the Various Institutions in Japan. Tokyo, The national Research Council, Department of Education, 1938; 1 vol. 26cm (en langues anglaise et japonaise).

Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Office central de faunistique. *Faune de France*, 33. *Tuniciers.* Fasc. 2 : *Appendiculaires et Thaliacés,* par HERVÉ HARANT et PAULETTE VERNIÈRES; — 34. *Hyménoptères vespiformes,* III, par LUCIEN BERLAND et F. BERNARD; — 35. *Diptères Dolichododidae,* par le chanoine O. PARENT. Paris, Paul Lechevalier, 1938; 3 vol. 25cm,5 (présenté par M. L. Bouvier).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 NOVEMBRE 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOLOGIE APPLIQUÉE A L'ARCHÉOLOGIE. — *Le problème de l'ancien port de Tyr, étudié à la lumière de la pétrographie.* Note de M. **Lucien Cayeux.**

On sait que la photographie en avion, perfectionnée et mise au point par le R. P. Poidebard, est devenue une source d'informations des plus précieuses pour l'archéologie, sans parler de l'histoire.

Après en avoir administré la preuve en suivant « la trace de Rome dans le désert de Syrie » (¹), le R. P. Poidebard s'est attaqué à la question très controversée de l'ancien port de Tyr. Une exploration méthodique de la rade, en avion, conjuguée avec une étude par scaphandrier, puis complétée par une analyse pétrographique des matériaux prélevés au cours des plongées, a fourni les éléments d'une solution qui me paraît bien être l'expression de la vérité.

De nombreuses photographies prises, soit d'avion, soit de la surface de la mer par cuve à fond de verre, soit du fond par boîtier étanche, ont fait apparaître des combinaisons de blocs, inexplicables dans l'hypothèse d'un dépôt naturel.

L'enquête menée par le scaphandrier, qui a procédé à un examen détaillé des blocs, et pris un grand nombre de photographies, sous le contrôle incessant du R. P. Poidebard, a montré que les blocs en question

(¹) A. Poidebard, *La trace de Rome dans le désert de Syrie. Le limes de Trajan à la conquête arabe. Recherches aériennes*, 1925-1932. Texte, 213 pages. Atlas, CLXI pl., Paris, 1934.

sont équarris, de dimensions constantes pour un amas donné, et combinés en assises régulières, avec des points équidistants et alternants. Et le R. P. Poidebard d'interpréter le tout comme des constructions, édifiées par les Anciens sous la mer, à une profondeur moyenne de 8 à 12^m.

Afin de ne négliger aucun élément d'appréciation, le R. P. Poidebard a fait prélever un grand nombre d'échantillons respectivement tirés des blocs en cause, des fonds sous-marins, aux points où gisent lesdits blocs, et des récifs de la rade.

L'étude que j'en ai faite démontre, en toute clarté, que les roches analysées répondent à trois entités foncièrement distinctes :

1° Les blocs sont tous constitués par des poudingues solidement agrégés, à base de petits galets de silex, profondément altérés et se détachant en gris blanc.

2° La roche extraite des *fonds plats*, à proximité des blocs, est un calcaire cristallin, à pâte fine, et très dur.

3° Quant aux récifs, tous se résolvent en une roche très banale sur les côtes de la Méditerranée orientale, où elle est connue sous le nom de *poros*. On désigne de la sorte un ancien sable calcaire très grossier, pétri de restes d'Algues calcaires, parmi lesquelles domine de beaucoup le *G. Amphiroa*.

De la nature de ces roches on peut tirer les deux conclusions suivantes :

1° Les blocs sont invariablement constitués par une roche très particulière, toute différente de celles qui forment les récifs et le fond de la mer autour des blocs. Bref, par tous ses caractères, cette roche se révèle absolument étrangère au milieu où sont accumulés les blocs et, d'une façon générale, aux dépôts de la rade. Pour la trouver en place, il faut la chercher sur la côte, où elle a été repérée en deux points.

2° On peut ajouter qu'un dépôt, engendré par le poudingue en question, ne saurait se prêter, de lui-même, à la formation de blocs très réguliers, pour ainsi dire calibrés, appareillés comme ils le sont, et à la genèse de points verticaux, équidistants et alternants d'une assise à l'autre.

Pour tout dire, l'analyse des matériaux prélevés plaide, d'un bout à l'autre, en faveur du caractère artificiel des constructions mises en évidence par le R. P. Poidebard. En d'autres termes, on peut tenir pour certain que c'est l'homme qui a présidé au façonnement et à la mise en place des blocs.

Reste à savoir si les appareils construits avec les blocs de poudingue l'ont été sous la mer, ainsi que l'admet le R. P. Poidebard. L'idée d'un

affaissement submergeant des ouvrages édifiés à l'air libre est à rejeter délibérément, car les *fonds plats*, reconnus au pied des amas de blocs, sont constitués par des calcaires cristallins, c'est-à-dire par une formation de grande cohérence qui, à l'opposé des fonds sableux, est inapte aux tassements de grande amplitude. Et nous allons apprendre qu'il est non moins interdit d'invoquer un changement de niveau de la mer pour expliquer l'immersion des blocs. Aussi j'estime avec le R. P. Poidebard qu'on est là en présence de constructions originellement sous-marines.

A ce sujet, je crois devoir rappeler très brièvement deux observations que j'ai relevées, en 1906 et 1908, dans le Port-Sacré de Délos au centre des Cyclades. Il existe, à Délos, deux types d'édifices certainement construits sous l'eau :

1° L'observateur qui arrive dans le Port-Sacré, en venant de Mykonos, laisse à sa gauche des constructions rasées au niveau de l'eau. Édifiées sur le bord d'une côte granitique très stable, leur submersion ne peut être la conséquence d'un affaissement local. D'autre part l'hypothèse, souvent faite, d'un changement de niveau de la Méditerranée depuis l'antiquité, est contredite par des faits extrêmement décisifs observés à Délos. Ces faits sont tels qu'il est hors de doute que le niveau de la Méditerranée est resté sensiblement fixe au cours des temps historiques ([2]). En conséquence, les constructions en question sont immergées parce qu'elles ont été édifiées sous l'eau. Par leur façon d'être, elles fournissent d'ailleurs des arguments en faveur de cet enseignement.

2° Le Port-Sacré de Délos est protégé contre les vents du Nord par un môle, qui nous offre un autre exemple d'édifice sous-marin. Loin de constituer un prolongement naturel de la côte, comme on l'a dit, l'appareil se décompose en blocs de granite, susceptibles de peser jusqu'à 10 et 12 tonnes, non façonnés, empruntés à la côte voisine, et transportés dans un chenal, mesurant jusqu'à 10^{m} de profondeur. Il n'est pas superflu d'ajouter que l'édifice n'est nullement comparable aux enrochements comparés de blocs, jetés pêle-mêle dans la mer. La technique mise en œuvre pour empiler les blocs suppose l'emploi d'appareils de levage, puissants et mobiles et une mise en place dirigée et non faite au hasard.

Ces deux exemples, que je tiens pour très démonstratifs, nous enseignent

([2]) L. Cayeux, *Fixité du niveau de la Méditerranée à l'époque historique* (*Ann. Géogr.*, 16, 1907, p. 97-116); *Les déplacements de la mer à l'époque historique* (*Rev. Sc.*, 52, 1914, p. 577-586).

que les anciens savaient construire sous l'eau, en quoi ils apportent un témoignage utile en faveur de la conclusion formulée par le R. P. Poidebard. A mon sens, le problème de l'ancien port de Tyr est maintenant résolu.

BOTANIQUE ET AGRONOMIE COLONIALE. — *Amélioration de la production et de la qualité des cafés des colonies françaises.* Note de M. **Auguste Chevalier.**

Nous avons montré [1] qu'il existait en Afrique tropicale, vivant dans les parties basses, entre 0^m et 600^m d'altitude, plusieurs espèces et de nombreuses races de Caféiers, découverts depuis 30 à 50 ans, entrés en plantation depuis 20 à 30 ans seulement, et dont la culture est en train de prendre une grande extension dans nos colonies d'Afrique tropicale et à Madagascar. Les cafés produits sont entrés en concurrence sur nos marchés, grâce à un régime protecteur, avec le café *arabica* qui nous vient pour une très grande part de l'étranger. Nous avons dit que certains de ces cafés nouveaux étaient déjà recherchés par des consommateurs et nous prévoyons une époque prochaine où ils pourront suffire à notre consommation, sans être nécessairement mélangés à du café produit par l'espèce *Coffea arabica*. Pour cela il importe de réaliser au plus tôt un certain nombre d'améliorations dans la culture de ces Caféiers et dans la préparation des cafés verts et torréfiés qu'ils fournissent.

On devra dans chaque colonie caféière isoler quelques formes stables (2 ou 3 par colonie au plus) qui présentent des qualités :

a. au point de vue cultural : 1° rendements aussi élevés que possible; 2° grande résistance aux maladies; 3° bien adaptés au sol, au climat et à l'humidité, une race adaptée à un secteur ne convenant pas toujours dans un autre secteur de la même colonie.

b. au point de vue marchand : le café produit par chaque race et par chaque terroir doit, autant que possible, à l'état vert et à l'état torréfié, répondre au goût du consommateur, bien que ce goût puisse se modifier ainsi que cela est déjà arrivé pour les crûs des vins.

Pour obtenir des rendements aussi élevés que possible et dans les conditions les moins onéreuses, il existe toute une technique agricole à mettre

---

(1) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 653.

au point, variable pour chaque espèce et pour chaque secteur climatique. On doit rechercher des arbres d'ombrage de la famille des Légumineuses, adaptés au climat. Dans chaque plantation il importe de prendre des mesures efficaces contre le lessivage du sol et l'érosion : cela est d'une importance capitale pour l'hygiène des Caféiers. Dans les terrains en pente, il faut établir des terrasses bordées de murettes en terre et là où le sol est plan creuser des sillons de 50^{cm} de profondeur dans le sens des lignes pour y enfouir tous les détritus végétaux. Dans l'intervalle des Caféiers, il est bon que le sol soit recouvert d'une Légumineuse herbacée que l'on enfouit périodiquement.

Un jour prochain on sera probablement amené à greffer, ou bouturer tous les Caféiers : ils fourniront ainsi des arbres d'élite uniformes, donnant des fruits mûrissant en même temps avec des fèves de même dimension et ayant des caractères identiques à ceux de l'arbre-mère. Toutefois la majorité des clones de Caféiers étant mieux adaptés à la fécondation croisée qu'à l'autofécondation, il faudra associer dans une même plantation deux ou plusieurs clones donnant de bons rendements lorsqu'ils se fécondent entre eux.

On voit combien sont complexes les problèmes biologiques qui se posent pour l'amélioration de la culture des Caféiers.

La préparation du café marchand demande tout autant de soins. Il est bien certain que diverses mesures peuvent déjà améliorer beaucoup la qualité de nos cafés coloniaux. Le Caféier, quelle que soit l'espèce ou la variété, réclame des soins culturaux. Il faut donner à chaque sorte les sols, le climat, l'ombrage, les plantes de couverture qui conviennent, lutter efficacement contre les insectes nuisibles et les maladies cryptogamiques s'il en survient sur la plantation. On peut affirmer que si le Caféier est malade ou vit dans de mauvaises conditions physiologiques, la qualité du café est diminuée, sa saveur, quand il est préparé à la tasse, est moins bonne. Il importe aussi de cueillir les fruits des Caféiers cultivés à parfaite maturité, quand les cerises sont bien rouges, quand la pulpe du mésocarpe est molle et sucrée. Ne pas attendre que les cerises soient desséchées et noires sur l'arbuste, ne pas cueillir non plus quand elles sont vertes ou d'un rouge-brun verdâtre. C'est cependant ce que l'on fait souvent pour éviter les frais de main-d'œuvre : on cueille tous les fruits en même temps, les fruits trop avancés et ceux qui ne sont pas encore mûrs pour ne pas avoir à faire la cueillette en plusieurs fois. Ce procédé est détestable. Tant que l'on n'aura pas obtenu par la sélection ou par la greffe des Caféiers dont tous les fruits mûrissent en même temps, il sera nécessaire d'échelonner la cueillette. Enfin il ne faut pas cueillir sous la pluie ou le matin à la rosée, afin que les levures qui vivent à la surface des fruits mûrs ne soient point balayées. Les cerises sitôt cueillies seront traitées.

Le traitement rapide et la préparation bien conduite du grain de café à

la plantation sont d'une importance capitale pour obtenir une bonne qualité de café.

Le dépulpage, la fermentation (si le café est préparé par la méthode humide), le lavage, le séchage des grains en parche devront être effectués aussi rapidement que possible et avec des moyens appropriés pour chaque espèce ou variété et pour chaque secteur climatique. La fermentation dans la préparation du café par voie humide n'est pas toujours nécessaire; elle a pour but de permettre un lavage des grains en parche de manière à amener par le travail de deux diastases la pectosinase et la pectase (A. Perrier) de la pulpe des fruits mûrs et par l'action de certaines levures et moisissures la décomposition des matières pectiques, de manière à ne laisser subsister après lavage que la couche scléreuse bien nette de la coque entourant la graine. Pour certaines sortes, cette pulpe est très adhérente et elle empêche le séchage de se faire dans de bonnes conditions. Pour les Caféiers du groupe *liberica-Dewevrei-excelsa* la fermentation semble nécessaire, mais il se développe de mauvaises odeurs pendant le séchage si celui-ci n'est pas rapide; pour les Caféiers du groupe *canephora-robusta* le lavage énergique aussitôt après dépulpage suffit. On peut du reste abréger la fermentation en lavant les grains avec une lessive renfermant 2 à 3 pour 1000 de carbonate de soude. Des grains d'*excelsa* préparés à Bangui par ce procédé ont obtenu une haute cote au classement des cafés qui s'est fait récemment au Musée permanent des Colonies. Le lavage et le séchage bien conduits donnent des grains de belle coloration; or celle-ci a une grande importance pour le consommateur qui achète des cafés verts. Aussi doit-on chercher à obtenir par la préparation (et cela est possible pour l'*excelsa* comme pour le *robusta*), des graines de coloration franche, gris jaunâtre ou gris verdâtre ou de couleur paille rappelant par l'aspect extérieur les meilleures sortes d'*arabica*.

On a dit que l'arôme serait plus fin, mais l'aspect moins beau dans le café *arabica* préparé par la méthode sèche que s'il est préparé par la méthode humide. On ajoute aussi qu'il n'y aurait pas d'arôme à ménager dans les sortes autres que l'*arabica*, et l'on doit chercher au contraire à obtenir un goût aussi neutre que possible. Telle n'est pas notre opinion. Les cafés nouveaux africains (au moins certaines variétés), si l'on sait les préparer, les laisser vieillir le temps qu'il faut et leur faire subir une torréfaction appropriée, sont aussi capables que l'*arabica* de développer de l'arôme. Il faut naturellement éliminer par un triage mécanique (ou à la main chez les indigènes), tout ce qui déprécie la valeur marchande du café : grains noirs,

grains brisés, grains trop petits ou trop gros, déchets de parches etc. On doit donc être amené à livrer au commerce plusieurs grades de café colonial ayant chacun une grande homogénéité de grosseur, d'aspect et de qualité. Les cafés non triés ne devraient jamais être mis en vente. Pour chaque colonie, il faudrait obtenir rapidement des qualités homogènes que l'on pourrait du reste améliorer progressivement. Enfin il faudrait moderniser les méthodes d'appréciation du café en France. Il est invraisemblable que les experts et dégustateurs ne fassent même pas intervenir dans leur appréciation la teneur en caféine.

La carburation du grain devrait être mise au point scientifiquement pour chaque sorte afin de substituer aux méthodes empiriques d'appréciation des cafés des procédés rationnels. Il est nécessaire d'adopter la technique de la torréfaction à toutes les variétés nouvelles désormais importées sur nos marchés.

Le goût des cafés ne tient pas, le plus souvent, à la plante productrice ni à la nature du sol du terroir qui les ont produits. Il peut être grandement influencé par les soins donnés à la plantation, ainsi que par le climat qui influence la maturation, la fermentation, la dessiccation; mais on peut remédier à toutes les conditions adverses par une organisation scientifique de la production.

Les stations expérimentales coloniales doivent s'atteler, avec des méthodes précises et de l'esprit de suite, à l'étude de ces problèmes. Les recherches qu'elles effectuent ne doivent pas être laissées aux initiatives de fonctionnaires coloniaux qui ne passent que peu de temps au même poste, mais elles devraient être dirigées et surveillées par un comité de quelques spécialistes attachés à un laboratoire métropolitain, suivant les travaux qui s'effectuent dans les autres pays et allant périodiquement contrôler les résultats obtenus par nos stations agricoles coloniales.

M. **Emile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie, au nom de notre Confrère M. Vito Volterra, d'un Ouvrage intitulé *Conférences sur quelques questions de mécanique et de physique mathématique*, fascicule I, *Rotation des corps dans lesquels existent des mouvements internes*.

Cet Ouvrage, dont la rédaction est due à M. P. Costabel, reproduit des Leçons professées par M. Vito Volterra à Rome, à Madrid et à Paris, consacrées à l'influence exercée sur la rotation libre ou forcée d'un corps

solide par des mouvements internes qui n'altèrent ni la forme du corps ni la distribution des masses. A la fin du fascicule, on trouvera une application aux lois de la rotation de la Terre.

Deux autres fascicules feront suite à celui-ci.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section d'Anatomie et Zoologie en remplacement de M. *F. Mesnil* décédé.

Le nombre des votants étant 59, le scrutin donne les résultats suivants :

	Nombres de suffrages.	
	1er tour.	2e tour.
M. Paul Wintrebert	26	34
M. Raoul Anthony	21	23
M. Étienne Rabaud	11	2
M. Christian Champy	1	

M. **Paul Wintrebert**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les invariants de prolongement des fonctions analytiques régulières à l'infini.* Note (¹) de M. **Georges Calugaréano.**

1. Appelons fonction régulière à l'infini une fonction analytique dont les singularités sont toutes intérieures à un cercle Γ à distance finie. Toute

(¹) Séance du 2 novembre 1938.

fonction analytique peut être transformée en une fonction régulière à l'infini, en effectuant une inversion sur la variable z, le pôle de cette inversion étant point régulier sur tous les feuillets de la surface de Riemann de la fonction. Le cas où un tel point n'existe pas doit être considéré comme un cas d'exception, d'ailleurs possible.

Dès lors, u étant le centre de Γ, on aura à son extérieur

$$f(z)=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\lambda_n(u)}{(z-u)^n}.$$

Le développement de Laurent est ici l'analogue de celui de Taylor, et il est avantageux, de plusieurs points de vue, de poursuivre cette analogie. Le choix de u étant arbitraire dans le plan [car à chaque u il correspond un cercle $\Gamma(u)$ contenant à son intérieur tout l'ensemble singulier de la fonction], il correspond une infinité d'*éléments de Laurent* (ou éléments L) à une telle fonction. Cette représentation diffère de celle de Weierstrass par sa simplicité. En effet, à tout point u, il correspond un élément L convergent à l'extérieur d'un cercle de rayon fini, que u soit régulier ou singulier pour $f(z)$; les coefficients de Laurent $\lambda_n(u)$ relatifs à des points u différents sont liés par des relations simples. En effet

$$\lambda_n(u)=\frac{1}{2\pi i}\int_{\Gamma(u)}(z-u)^{n-1}f(z)\,dz,$$

qui donne de suite, en appliquant la formule du binome,

$$(1)\qquad \lambda_n(u+h)=\lambda_n(u)-C_{n-1}^1\lambda_{n-1}(u)h+\ldots\\ +(-1)^pC_{n-1}^p\lambda_{n-p}(u)h^p+\ldots+(-1)^{n-1}\lambda_1(u)h^{n-1}.$$

2. On a en particulier $\lambda_0(u+h)=\lambda_0(u)$ et $\lambda_1(u+h)=\lambda_1(u)$ quel que soit h, ce qui montre que ces expressions sont des invariants de prolongement de $f(z)$, au sens de notre précédente Note [2]. On voit que $\lambda_n(u)$ est un polynome de degré $n-1$ en u, lié intrinsèquement à $f(z)$. Nous entendons par cela que si l'on remplace $f(z)$ par $f(z+a)$, ce qui impose à l'ensemble singulier une translation égale à $-a$, les coefficients de Laurent de $f(z+a)$ seront donnés par $\lambda_n(u+a)$. Pour avoir une infinité d'invariants de prolongement attachés à $f(z)$, et caractérisant cette fonction à une translation près, il suffit d'écrire les invariants de ces polynomes $\lambda_n(u)$.

(2) Voir notre Note des *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 512.

Or, $P(z)$ étant un polynome de degré n, on voit que

$$A_p^{(n)} = P^{(n)}P^{(n-2p)} - P^{(n-1)}P^{(n-2p+1)} + \ldots \\ + (-1)^k P^{(n-k)}P^{(n-2p+k)} + \ldots + \frac{1}{2}(-1)^p [P^{(n-p)}]^2,$$

est un invariant, car $d/dz\, A_p^{(n)} \equiv 0$. De plus, en posant

$$L_p^{(n)} = \int A_p^{(n)}(z)\, dz, \qquad B_p^{(n)} = P^{(n-1)}A_p^{(n)} - P^{(n)}L_p^{(n)},$$

on a également $d/dz\, B_p^{(n)} \equiv 0$ (l'intégration s'effectue facilement dans $L_p^{(n)}$); donc $A_p^{(n)}$ fournit une suite d'invariants quadratiques (par rapport aux coefficients du polynome), tandis que $B_p^{(n)}$ donne une suite d'invariants cubiques. En y ajoutant $P^{(n)}$ on a ainsi n invariants de translation (ou de prolongement) attachés à tout polynome de degré n. En appliquant ceci aux polynomes $\lambda_n(u)$ on est conduit aux invariants quadratiques

$$2 I_n = \sum_{p=0}^{n} (-1)^p C_n^p \lambda_{n-p+1} \lambda_{p+1}$$

valables pour n pair, et aux invariants cubiques

$$2k I_{2k-1} = \sum_{p=1}^{2k} (-1)^p C_{2k}^p \lambda_{2k-p+1} (\lambda_1 \lambda_p + \lambda_2 \lambda_{p-1} + \ldots + \lambda_p \lambda_1).$$

On voit sans peine que la suite I_n ($n = 2, 3, \ldots$) étant donnée, en même temps que λ_0 et λ_1, tous les λ_n sont déterminés, sauf λ_2 qui reste arbitraire. Ceci correspond à une translation arbitraire que l'on peut effectuer sur z. Ces invariants de prolongement sont valables pour toute fonction régulière à l'infini. Afin d'obtenir leur expression à l'aide des coefficients a_n de Taylor il reste à étudier les relations entre les λ_n et les a_n. Or, $a_n(v)$ étant les coefficients d'un élément de Taylor centré sur v, on trouve, pour v extérieur à Γ,

$$a_n(v) = \frac{1}{(u-v)^n} \sum_{p=1}^{\infty} (-1)^p C_{n+p-1}^{p-1} \frac{\lambda_p(u)}{(u-v)^p} \qquad \text{pour} \quad n > 0,$$

et

$$a_0(v) = \lambda_0(u) + \sum_{p=1}^{\infty} (-1)^p \frac{\lambda_p(u)}{(u-v)^p}.$$

Nous avons résolu ce système linéaire à une infinité d'inconnues λ_p, par

la méthode de Kötteritsch, en obtenant ainsi

$$\lambda_n(u) = -(u-v)^{n+1}\left[\Delta_{u-v}^{n-1} a_1(v) - C_{n+1}^1 \Delta_{u-v}^{n} a_1(v) + \ldots + (-1)^k C_{n+k}^k \Delta_{u-v}^{n+k-1} a_1(v) + \ldots\right]$$
$$\lambda_0(u) = \lim_{k\to\infty} \Delta_{u-v}^k a_0(v),$$

en posant

$$\Delta_x^k a_m = a_m - C_k^1 a_{m+1} x + \ldots + (-1)^s C_k^s a_{m+s} x^s + \ldots + (-1)^k a_{m+k} x^k.$$

Ces limites existent pour $|v-u| > 2\rho$, ρ étant le rayon de Γ, donc

$$\rho = \overline{\lim} \sqrt[n]{|\lambda_n(u)|}.$$

En substituant dans les I_n, on a l'expression des invariants de prolongement en fonction des a_n, qui seront, eux aussi, linéaires, quadratiques ou cubiques. Les considérations du n° 1 permettent de retrouver très simplement un critère de singularité de M. Pringsheim et un théorème de M. Mandelbrojt, en raisonnant sur les éléments de Laurent au lieu d'employer la transformation d'Euler.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Courbes d'égal module des fonctions entières* (¹). Note de M. **Lucien Hibbert**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $f(z)$ une fonction déduite d'une fonction entière en ramenant en A, à distance finie, le point essentiel. Posons $R = |f(z)|$; $V = \arg f(z)$. Les courbes d'égal module sont les courbes $R = \text{const.}$

Points j. — Ce sont les zéros de $f'(z)$ distincts de A; si j est zéro d'ordre $(q-1)$, il y a $2q$ branches distinctes de R_j, passant au point j et y formant une étoile régulière.

Branches d'accès et branches d'éloignement de R_j. — En j, pour un observateur se déplaçant sur $R = R_j$, dans le sens de V croissant, il y a q branches d'accès et q branches d'éloignement. Chaque branche d'accès est encadrée par deux branches d'éloignement et réciproquement. A la gauche de l'observateur mobile, on a $R < R_j$; à sa droite, $R > R_j$.

Cassure en j. — L'observateur, arrivé en j, passera sur l'une des deux branches d'éloignement qui encadrent la branche d'accès. Il y a en j cassure du chemin suivi.

(¹) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1121; Lucien Hibbert, *Thèse*, Chap. I, p. 4; Chap. IV, p. 63. Paris, 1938.

Parcours positif; parcours négatif. — Le parcours dans le sens V croissant est dit positif; dans le sens V décroissant, il est dit négatif.

Parcours positif à droite ou à gauche. — Le parcours positif est à droite, si en chaque point j, on prend la branche d'éloignement à droite; à gauche, pour la branche d'éloignement à gauche. Le parcours à droite conserve la continuité des courbes $R > R_j$; celui à gauche, la continuité des courbes $R < R_j$. Le parcours négatif se fait aussi à droite ou à gauche.

Théorème I. — *Toute la branche de* R *parcourue dans le sens positif à droite où à gauche revient au point de départ ou aboutit en* A.

Théorème II. — *Toute branche de* R *qui, parcourue positivement à droite* (*gauche*), *conduit en* A, *conduit également en* A, *parcourue négativement à gauche* (*droite*).

Boucles fermées R. — Une branche de R, qui dans les deux sens conduit en A, forme une boucle fermée. *Une fonction $f(z)$, qui en présente une, en présente une infinité non dénombrable.*

Les fonctions $f(z)$ qui ne présentent aucune boucle fermée en A, dérivent des fonctions entières de M. Valiron, pour lesquelles l'infini est la seule valeur asymptotique. Toute branche de R, suivie dans le sens positif ou négatif, revient au point de départ; V croît ou décroît d'un multiple de 2π.

Zones d'enclave R. — A partir de j, la branche d'éloignement à droite, parcourue positivement à droite, conduit en A; il en est de même de la branche à gauche parcourue positivement à gauche. L'ensemble des deux branches délimite une zone d'enclave R.

Soit $R = R_1$, l'élément de R qui forme la boucle parcourue positivement à droite; dans le domaine délimité, nous supposons $R > R_1$. Il y a dans la boucle, une infinité non dénombrable de boucles fermées pour lesquelles R varie en croissant et emboîtées les unes dans les autres.

Du faisceau considéré enlevons les courbes $R = R_2$, qui passent par des points j, ces courbes sont en infinité dénombrable au plus.

Le faisceau primitif se subdivise en un certain nombre de faisceaux sans points j.

Ces nouveaux faisceaux ne sont pas nécessairement compacts. Une branche de courbe $R = R_3$, de l'un de ces faisceaux parcourue positivement, conduit en A, mais elle n'est pas nécessairement la limite des courbes R du faisceau, quand on fait tendre R vers R_3 par les valeurs plus grandes ou plus petites que R_3.

Cassures en A. — La courbe R_3 peut aboutir en A et y retourner une infinité dénombrable de fois au plus en décrivant des boucles fermées. Il y a cassure de R_3 en A.

Zones d'enclave en A. — Ce sont les domaines limités par les boucles fermées décrites par R_3, en infinité dénombrable au plus.

Enlevons les courbes R_3, les faisceaux restants sont compacts et sans zones d'enclave.

Soit f_k un de ces faisceaux limités à une courbe V_k. A l'intérieur du faisceau, $f(z)$ est holomorphe ainsi que sur le contour; sauf peut-être en A. En appliquant un théorème de M. Lindelöf (²), $f(z)$, si elle tendait vers une valeur déterminée en A sur une courbe R de f_k, elle tendrait vers la même valeur sur toutes les R de f_k, ce qui est impossible. *Donc, sur les courbes* R *du faisceau* f_k, V *croît ou décroît d'une infinité de fois* 2π.

THÉORÈME III. — *Les courbes* R *des fonctions entières sont toutes complètes.*

MOTEURS A EXPLOSIONS. — *Calcul de la température de combustion moyenne théorique et de la pression correspondante.* Note de M. **Lucien Reingold**, présentée par M. Aimé Cotton.

Lors de la combustion déflagrante, dans un moteur à explosions, la température, au sein de la masse gazeuse, est variable en chaque point de celle-ci. Le calcul de la température de combustion doit donc permettre de déterminer la moyenne des températures possibles, dans les conditions de combustion réalisables correspondant aux conditions de fonctionnement du moteur étudié. Nous avons donc été amené à définir et à calculer une *température moyenne théorique instantanée* de combustion, pour un moteur fonctionnant en régime normal — combustion en phase homogène.

I. DONNÉES ET NOTATIONS. — La combustion dépend des facteurs suivants :

A. *Le combustible utilisé* caractérisé par : 1° le titre en volume a de l'ensemble $CO^2 + H^2O$ dans les gaz brûlés du mélange théorique en combustion fictive parfaite; 2° la quantité d'énergie thermique totale fournie; 3° le facteur de contraction λ dû à la combustion du mélange étudié.

B. *Les caractéristiques du moteur :* 1° son taux de compression volumétrique n; 2° sa pression de remplissage p; 3° sa vitesse de rotation et son avance.

(²) ERNST LINDELÖF, *Sur un principe général d'analyse* (*Act. Soc. Fennicae*, 46, 1917, n° 4, p. 5).

C. *Les conditions de la combustion :* 1° la richesse du mélange k; 2° la fraction θ_A d'air utilisé; 3° la fraction θ_C de combustible efficace.

II. Calcul d'une température de combustion a volume constant. — Les données permettent de calculer :

a. La température de combustion fictive T_F (donnée secondaire);

b. La température de combustion réelle T_C, calculée à partir de la précédente, au moyen de l'équation énergétique donnant ΔT [1] chute de température due à l'énergie absorbée par les dissociations qui entrent en jeu et au moyen également des équations d'équilibre correspondantes. Ces calculs s'effectuent, par rapport à la combustion théorique parfaite, pour les conditions de combustion considérées, par l'intermédiaire d'un facteur correctif de concentration μ [2], dont T_F et T_C sont fonctions, et dont la valeur est, dans le cas des moteurs à explosions (mélanges riches),

$$\mu = \frac{1}{1-(1-a)\left(1-k\dfrac{5-\theta_A}{4\theta_C}\right)}.$$

III. Indice de combustion. — Pour un combustible donné, caractérisé par le titre a défini ci-dessus, μ ne dépend que du produit $\mathcal{J} = k(5-\theta_A)/4\theta_C$. Si nous supposons que le mélange préalable de l'air et du carburant est parfaitement réalisé, k est constant au sein de la masse de gaz, et l'hétérogénéité de la combustion est essentiellement caractérisée par θ_A et θ_C. Ces deux nombres sont difficiles, sinon impossibles à déterminer; mais il est clair que la valeur globale de $\mathcal{J}$ caractérise la combustion et que, pour un combustible donné, la température de combustion T_C est fonction de sa valeur. C'est pour cette raison que nous appellerons *$\mathcal{J}$ l'indice de combustion*.

IV. Température de combustion moyenne théorique. — Une discussion simple des valeurs possibles de $\mathcal{J}$ montre que l'indice de combustion varie entre deux limites extrêmes connues, quelles que soient les valeurs de θ_A et θ_C; on trouve en définitive que $k < \mathcal{J} < 1$.

En résumé, la température de combustion, au sein de la masse gazeuse, dans un moteur à explosions, est fonction de $\mathcal{J}$, qui varie lui-même dans un intervalle déterminé.

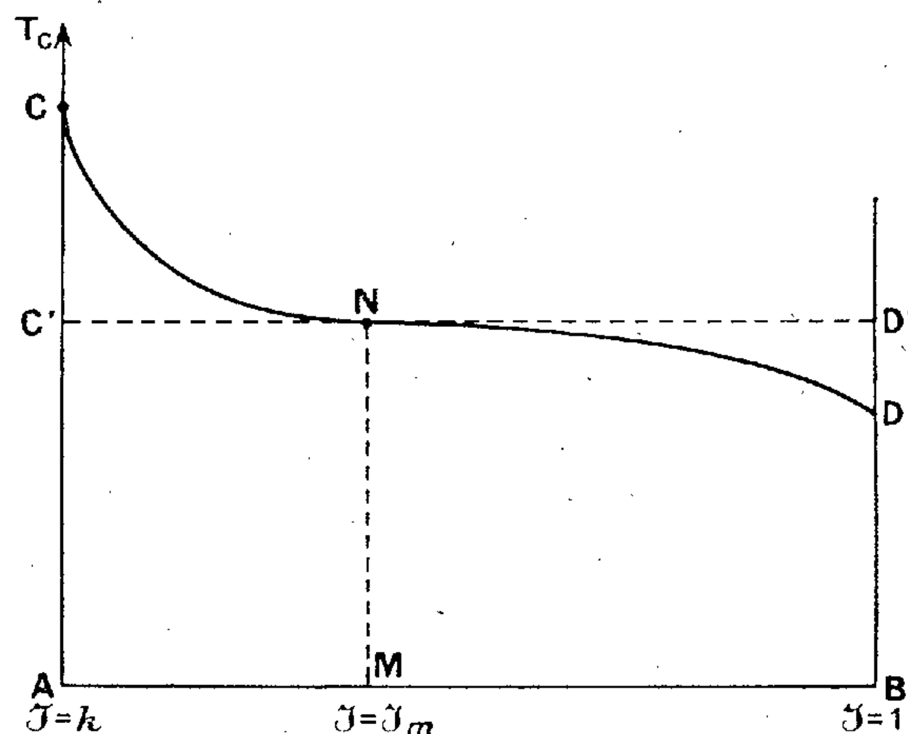
En calculant les valeurs de T_C correspondant aux valeurs extrêmes

---

(1) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 717.

(2) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1792.

$\mathcal{I} = k$ et $\mathcal{I} = 1$ ainsi qu'à un nombre convenable de valeurs intermédiaires de l'indice de combustion, on détermine la courbe CD (voir la figure) de T_C en fonction de $\mathcal{I}$.



Nous appellerons *température moyenne théorique de combustion* $(T_C)_m$ celle correspondant, sur la courbe CD, à la valeur $\mathcal{I}_m$ de l'indice de combustion telle que

$$\text{Aire (ACNDB)} = \text{Aire (AC'ND'B)}.$$

V. Pression moyenne instantanée. — La pression théorique instantanée correspondant à la valeur de $(T_C)_m$ ci-dessus est donnée par l'équation

$$(P_C)_m = \frac{\lambda p n}{273}(T_C)_m(1 + \varepsilon_m),$$

où ε_m représente la variation de volume moyenne due aux dissociations dans l'intervalle de variation de $\mathcal{I}$ considéré.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la discontinuité de Balmer dans le spectre des étoiles supergéantes des types* B, A, F. Note de MM. **Daniel Barbier**, **Daniel Chalonge**, **Fakhreddine Schahmanèche** et Mlle **Nina Morguleff**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous avons entrepris, depuis plusieurs années, de déterminer la distribution de l'énergie dans les spectres continus stellaires ([1]). Dans le cas

([1]) Voir les publications suivantes de Barbier et Chalonge en collaboration avec

des étoiles des premiers types spectraux, la caractéristique la plus remarquable de la courbe d'énergie est la discontinuité qui existe à la fin de la série de Balmer. Nous avons déterminé, à l'heure actuelle, la valeur D de cette discontinuité [2] pour 160 étoiles de types compris entre Od et F8. De ces mesures se dégage immédiatement un effet de magnitude absolue très net, si l'on compare les valeurs de D correspondant aux supergéantes à celles relatives aux étoiles normales.

Öhman, puis Öhman et Iwanowska [3], qui ont déjà étudié ce sujet, ont signalé que, dans le cas des étoiles F, la discontinuité est plus grande pour les supergéantes que pour les géantes et les naines, mais que, dans le cas des étoiles B et A, aucune distinction n'est plus possible sauf pour des étoiles, telles que α Cygn, qui présentent H_α en émission, et pour lesquelles D est plus petit que la normale.

Voici les résultats obtenus par nous pour les 27 supergéantes que nous avons étudiées :

Étoile.	Type [4].	D.	Étoile.	Type.	D.	Étoile.	Type.	D.
ρ Leon....	cB0	0,05	χ^2 Orio...	cB2	0,04	13 Mono...	cA0	0,32
$\varkappa$ Orio....	cB0	0,03	55 Cygn...	cB2e	0,04	α Cygn...	cA2e	0,33
$\varkappa$ Cass....	cBOe	0,06	η CMaj...	cB5	0,10	α Lepo...	cF0	0,54
χ^1 Auri...	cB1	0,08	o^2 CMaj...	cB5	0,08	π Sgtr....	cF2	0,39
β CMaj...	cB1	0,08	67 Ophi...	cB5	0,14	α Pers....	cF5	0,36
ε CMaj...	cB1	0,08	β Orio....	cB8	0,16	ρ Pupp...	cF5	0,21
ζ Pers....	cB1	0,06	2 $\mathcal{H}$ Caml.	cB9	0,17	δ CMaj...	cF8	0,17
P Cygn...	B1q	0,00	σ Cygn...	cA0	0,20	γ Cygn...	cF8	0,24
9 Ceph...	cB2	0,08	η Leon...	cA0	0,36	α UMin...	cF8	0,26

Les nombres du tableau précédent doivent être comparés aux valeurs moyennes de D contenues dans le tableau ci-contre, qui sont relatives aux étoiles normales (les étoiles à émission et les étoiles particulières étant exclues).

Arnulf, Safir, Vassy, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2139; **200**, 1935, p. 377; **202**, 1936, p. 1488; *Journal de Physique*, **6**, 1935, p. 137; *Journal des Observateurs*, **19**, 1936, p. 149; *Annales d'Astrophysique*, **1**, 1938, p. 293.

Toutes les observations ont été faites à la Station scientifique du Jungfraujoch.

(2) Lorsque la longueur d'onde décroît, l'intensité varie brusquement d'une valeur I_1 à une valeur I_2 (dans la plupart des cas, c'est une diminution d'intensité) au voisinage de 3700 Å. $D = \log_{10}(I_1/I_2)$.

(3) Öhman, *Stock. Obs. Ann.*, **12**, n° 1, 1935, p. 1; *Stock. Obs. Medd.*, n° **30**, 1937, p. 1; Öhman et Iwanowska, *Stock. Obs. Medd.*, n° **21**, 1935, p. 1.

(4) Types spectraux du *Henry Draper Catalogue*.

Type...	Od.	Oe5.	B0.	B1.	B2.	B3.	B5.	B8.	B9.
D.......	0,01	0,03	0,04	0,07	0,09	0,18	0,25	0,32	0,37
Type...	A0.	A2.	A3.	A5.	F0.	F2.	F5.	F8.	
D.......	0,47	0,44	0,43	0,39	0,30	0,20	0,23	0,11	

On voit que, pour les types Bo et B1, la discontinuité des supergéantes est du même ordre de grandeur que celle des étoiles normales. A partir du type B2, jusqu'à un type compris entre A2 et Fo, toutes les supergéantes, sans exception, ont une discontinuité très nettement inférieure à celle des étoiles normales; pour les étoiles F (à l'exception de ρ Pupp) c'est l'inverse qui se produit. Nous confirmons donc, pour ce dernier groupe d'étoiles, le résultat de Öhman, mais nous sommes en désaccord avec lui pour les étoiles B et A.

La théorie de la discontinuité a été considérée par divers auteurs et spécialement par Unsöld (5). Ce dernier arrive à la conclusion que, en pratique, pour des valeurs de la pression électronique voisines de celle qu'il a adoptée (100 baryes) pour les atmosphères stellaires, la valeur de D doit être indépendante de la magnitude absolue. Nos mesures sont en désaccord avec ce résultat.

Parmi les étoiles des types B et A, les supergéantes ne sont pas les seules à avoir une discontinuité inférieure à la normale : il est de même pour les étoiles à émission, jusqu'au type B3, pour α Andr. (6), et pour l'étoile particulière α^2 CVen (type Ao, D = 0,29). Pour toutes les autres étoiles particulières que nous avons étudiées D a une valeur tout à fait normale.

GÉODÉSIE. — *Les marégraphes des États-Unis. Faits et hypothèses.* Note de M. **Vladimir Frolow**, présentée par M. Georges Perrier.

Les graphiques des moyennes mensuelles du niveau de la mer aux différentes stations des États-Unis (1) permettent de reconnaître l'existence d'une tendance à la montée ou à la baisse, se poursuivant pendant toute la durée des observations.

(5) *Physik der Sternatmosphären*, 1938, p. 138.

(6) D'après Morgan (*Astroph. Journal*, 77, 1933, p. 330) cette étoile devrait être classée B8, et non Ao, ce qui ramènerait sa discontinuité à une valeur normale.

(1) *Coast and Geodetic Survey. Special publication*, 207, 1937, p. 24-25.

La mer monte (M), baisse (B), ou est stationnaire (S) aux stations suivantes :

Côte Atlantique : Portland (B), Boston (M), Atlantic City (M), Fort Hamilton (M), Baltimore (M), Charleston (M), *Fernandina* (B), Key-West (M).

Golfe du Mexique : Cedar Keys (B), Pensacola (M), Galveston (M).

Panama : Cristobal (B), Balboa (M).

Côte Pacifique : San-Diego (M), La Jolla (M), San-Francisco (M), Seattle (S), Kitchikan (S), *Seward* (B).

Ces indications, reportées sur une carte, font ressortir la possibilité d'une explication approximative d'ensemble et aussi l'utilité de certains travaux de contrôle, comme il est exposé dans les conclusions suivantes :

CONCLUSIONS. — *A. Déformation du continent.* — La liste des stations montre que la ligne du rivage a un mouvement positif aux stations situées au sud du bouclier canadien sur la côte atlantique aussi bien que sur la côte pacifique. De même, sur les deux côtes, ce mouvement est négatif dans le voisinage de ce bouclier. On peut rappeler que le soulèvement du continent apparaît aussi dans l'analyse des niveaux du lac Ontario ([2]). La presqu'île de Floride, d'autre part, accuse un mouvement négatif de la ligne du rivage près du continent et un mouvement positif vers son extrémité, à Key-West.

L'ensemble de ces constatations suggère qu'il s'agit d'un phénomène affectant le continent et qu'en particulier : 1° le processus actuel le long des côtes américaines est analogue à celui qui a régné au début de l'Éocène ([3]), mais on manque de renseignements sur les déformations de la partie intérieure du continent; 2° le phénomène côtier actuel serait le même si le continent nord-américain se déformait comme une poutre continue, posée sur un support élastique. La déformation actuelle serait due dans ce cas à la disparition de la surcharge glacière dans la partie nord de ce continent. La pression du magma tendrait à soulever cette partie de la poutre qui s'enfoncerait ailleurs. Une poutre de longueur indéfinie aurait pris une forme sinusoïdale ([4]). Les dimensions du continent ne sont pas suffisantes pour que cet effet soit obtenu, mais la presqu'île de Floride, beaucoup plus allongée relativement et qui, dans l'hypothèse envisagée, serait entraînée vers le bas par le continent, donne un bombement entre deux zones d'affais-

---

([2]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1077.

([3]) DALY, *Our mobil Earth*, 1926, p. 172.

([4]) TIMOSHENKO, *Strength of materials*, 1930, 2e partie, chap. I.

sement, ce qui renforce le point de vue exposé; 3° l'ensemble des mouvements n'est pas celui qui aurait résulté si les forces de l'isostasie étaient prépondérantes. Les cartes de Hayford et Bowie ([5]) suggéreraient qu'alors la côte pacifique aurait dû subir un mouvement de surrection, contraire à l'ennoyage décelé. Ce fait peut se concilier avec les résultats des mesures gravimétriques si l'on admet une cohésion du continent suffisante pour supprimer le jeu de marquetterie des compartiments, dont l'indépendance n'a jamais été que supposée. En effet, un corps flottant irrégulier présentera des anomalies isostatiques locales, son équilibre étant partout assuré par les contraintes internes.

L'hypothèse de la cohésion du continent nord-américain pourrait être vérifiée par l'observation. Il serait souhaitable que des itinéraires soient soumis à un nivellement de haute précision, recommencé après un certain nombre d'années. Une ligne pourrait, notamment, joindre Baltimore à Seattle. Une autre irait de Galveston à Saint-Paul, par exemple. Une enfin dans l'axe de la presqu'île de Floride.

4° Les deux marégraphes de l'isthme de Panama montrent une marche inverse l'un de l'autre. La similitude des mouvements signalés ailleurs ne laissant pas de place à une hypothèse d'inégale répartition des masses océaniques, on peut supposer que l'isthme est soumis à un effort de torsion qui peut résulter de la dérivée des deux continents américains. Si c'est le cas, le déplacement résultant de l'isthme serait dirigé de l'Est vers l'Ouest dans la zone du canal.

B. *Variations périodiques du niveau moyen de la mer.* — Les marégraphes de la côte atlantique montrent une onde de 18 ans qui est en opposition de phase avec celle qui a été dégagée de la série de Brest ([6]). En consultant le schéma de la transgression des eaux tropicales de M. E. Le Danois ([7]), on voit qu'il doit en être ainsi, sans qu'il en résulte un déplacement de la masse océanique entière, semblable à une sèche. Le phénomène est plus complexe. Cela souligne le danger des conclusions générales tirées des constatations faites sur les limites continentales et amène à renouveler la suggestion de procéder à un nivellement de haute précision des itinéraires traversant le continent nord-américain.

([5]) J. F. Hayford and W. Bowie, *The effect of topography and isostatic compensation upon the intensity of gravity*. Washington, 1912.

([6]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 908.

([7]) *Les transgressions océaniques*, Paris, 1934, p. 394.

Les courbes de reconnaissance indiquent qu'il existe encore au moins deux autres variations périodiques du niveau moyen, celles de 11 ans et son harmonique, mais il est encore trop tôt pour qu'il soit possible de les isoler par le calcul.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la dilatation thermique des liquides.* Note de M. **René Lucas**, présentée par M. Paul Langevin.

Cette Note a pour objet de montrer la liaison qui existe entre la dilatation thermique des liquides et leurs propriétés de viscosité. Cette relation apparaît dans l'étude des pressions de radiation des ondes d'agitation thermique responsables de la dilatation thermique (Debye, Lorentz).

Les ondes se classent en ondes longitudinales et en ondes transversales de viscosité. L'évaluation des pressions de radiation est simple pour les ondes transversales mais délicate pour les ondes longitudinales en raison des changements progressifs de ce type d'onde aux fréquences très élevées.

La pression p_t des ondes transversales a pour valeur, avec les notations déjà utilisées (1), ε_{tr} étant la densité d'énergie

$$p_t = 2\varepsilon_{tr}\left(\frac{1}{3}+\frac{\rho}{V_t}\frac{dV_t}{d\rho}\right), \qquad V_t = 2\sqrt{\frac{\pi\eta\nu}{\rho}}.$$

Ici

$$\frac{dV_t}{d\rho} = \frac{\partial V_t}{\partial\rho} + \frac{\partial V_t}{\partial\eta}\frac{d\eta}{d\rho},$$

dérivées prises à fréquence et à entropie constantes.

Par suite

$$p_t = 2\varepsilon_{tr}\left\{-\frac{1}{6}+\frac{\rho V_0^2}{2\eta}\left[\left(\frac{\partial\eta}{\partial p}\right)_T+\left(\frac{\partial\eta}{\partial T}\right)_p\frac{T\alpha}{\rho C}\right]\right\},$$

C, chaleur spécifique à pression constante; V_0, vitesse du son; T, température absolue; α coefficient de dilatation à pression constante.

On en déduit la contribution α_t des ondes transversales dans la valeur du coefficient de dilatation α à pression constante, et en admettant que la partie principale de α_t provient des variations de la densité d'énergie ε_{tr}

$$\alpha_t = \frac{2\gamma}{\rho V_0^2}\left\{-\frac{1}{6}+\frac{\rho V_0^2}{2\eta}\left[\left(\frac{\partial\eta}{\partial p}\right)_T+\left(\frac{\partial\eta}{\partial T}\right)_p\frac{T\alpha}{\rho C}\right\}\left(\frac{d\varepsilon_{tr}}{dT}\right)_v,$$

γ est le rapport des chaleurs spécifiques à pression et à volume constants.

(1) R. Lucas, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1044.

En ce qui concerne la contribution α_t des ondes longitudinales au coefficient de dilatation α il faut distinguer les ondes des fréquences les plus élevées qui donneraient un terme analogue à α_t (les actions de viscosité devenant prépondérantes vis-à-vis des actions de compressibilité) ([2]) et les ondes de basses fréquences. Celles-ci (pratiquement sans dispersion) fournissant pour le coefficient de dilatation α une contribution toujours positive pour les liquides usuels *y compris l'eau.*

Si l'on examine une quarantaine de liquides variés dont les variations de la viscosité avec la pression ont été étudiées par Bridgman ([3]), on constate que la quantité facteur de $d\varepsilon_{tr}/d\mathrm{T}$ est positive, car l'accroissement de la viscosité avec la pression est assez rapide $(\partial\eta/\partial p)_{\mathrm{T}} > 0$ et assez grand; ces mêmes liquides ont un coefficient de dilatation positif ainsi que α_t.

L'eau fait exception et, aux températures inférieures à 23°C. environ, α_t est négatif avec une valeur absolue appréciable. Cela tient à la valeur négative exceptionnelle de $\partial\eta/\partial p$ (jusqu'aux pressions d'environ 2000^{kg} par centimètre carré). Au delà de cette limite de pression l'anomalie de dilatation $\alpha < 0$ de l'eau n'a plus lieu, en accord avec ce fait que $\partial\eta/\partial p$ et par suite α_t redeviennent positifs.

Les mêmes considérations permettent de comprendre pourquoi les coefficients de dilatation des solutions aqueuses assez concentrées de chlorure de sodium ou d'ammonium sont positifs. Pour ces solutions $\partial\eta/\partial p$ reste positif comme pour les liquides usuels.

L'*eau lourde* présente une dilatation thermique négative pour $\mathrm{T} < 11$°C. On peut par suite prévoir qu'*au voisinage de la température ambiante la viscosité de ce liquide doit diminuer lors d'une augmentation de pression.*

Je n'ai pas trouvé d'indication expérimentale à ce sujet et l'expérience présente un intérêt particulier pour contrôler les idées précédentes.

Remarquons enfin que la représentation de l'agitation thermique suivant la première conception de Debye, c'est-à-dire uniquement par des ondes longitudinales dépourvues de dispersion, ne permet pas d'expliquer les anomalies de dilatation de l'eau, qui doit présenter un coefficient α positif aux températures inférieures à 4°C.

([2]) Voir *Comptes rendus,* 206, 1938, p. 658.

([3]) *The physics of high pressure,* Londres.

RADIATIONS. — *Intégrateur d'énergie rayonnante.* Note de M. **Louis Quevron**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans certains cas on a besoin d'évaluer la quantité d'énergie transportée par un faisceau de radiations, cette quantité est homogène au produit d'une puissance par un temps et s'exprime en joules, ou en watts-heure. C'est le cas d'une quantité d'éclairement, ou de la dose de rayonnement X, ultraviolet, infrarouge etc. qui doit être reçue par un malade.

L'intégrateur d'énergie rayonnante comprend un récepteur qui transforme cette énergie en énergie électrique et un fluxmètre qui joue le rôle d'intégrateur (1). L'énergie transportée par les radiations est reçue sur une pile thermoélectrique, ou une cellule photoélectrique; admettons qu'on se soit arrangé de façon que les tensions produites soient proportionnelles à l'énergie utile. Soit e la force électromotrice qui résulte de la destruction de tout ou partie du rayonnement, appliquons-la aux bornes d'un fluxmètre. Le cadre du fluxmètre se met en marche et sa vitesse tend rapidement vers une valeur constante d'autant plus grande que e est plus grand. Le cadre devient le siège d'une force électromotrice induite pratiquement égale et opposée à e, car les frottements sont très petits.

L'angle de rotation du cadre est proportionnel à e et à la durée dt d'application de la différence de potentiel. Entre deux instants t_1, t_2, le déplacement angulaire de l'aiguille sera

$$\alpha_2 - \alpha_1 = \frac{1}{\varphi_0}\int_{t_1}^{t_2} e\,dt,$$

φ_0 étant le flux coupé par le cadre pour une rotation de 1 radian. La quantité d'énergie tombée sur le récepteur $\int_{t_1}^{t_2} e\,dt$ est proportionnelle à la déviation angulaire du cadre $\alpha_2 - \alpha_1$.

Avec un fluxmètre Grassot (1 division = 10000 maxwells), un déplacement de l'aiguille de 1 division par seconde correspond à une énergie de l'ordre de 10^{-9} joule.

L'ensemble pile-fluxmètre ou cellule-fluxmètre fournit une mesure absolue avec étalonnage préalable, notamment dans les traitements

(1) L. Quevron, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1039.

médicaux par irradiation; ou une comparaison rapide de sources différentes, par exemple des corps luminescents. L'intégrateur est d'une grande souplesse; pour les sources intenses, on peut shunter le fluxmètre ou diminuer la dimension du récepteur. Au contraire, pour les objets de faible radiance, on peut avoir recours à l'amplification électronique.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption des monosubstitués du benzène dans l'infrarouge lointain, de* 180 *à* 600 cm^{-1} (17 *à* 55 μ). Note (¹) de MM. **Pierre Barchewitz** et **Maurice Parodi**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons fait l'étude de l'absorption des monosubstitués du benzène dans l'infrarouge lointain, entre 17 et 55 μ, au moyen d'un spectromètre à réseau à fils, précédemment décrit (²). Nous ne connaissons aucune étude systématique dans cette région, à part quelques mesures faites par l'un de nous, par la méthode des rayons restants (³).

Les substances solides sont pulvérisées et étalées sur une plaque de paraffine de 1^{mm} d'épaisseur environ; les substances liquides sont mélangées à la paraffine liquide, celle-ci est ensuite coulée en plaques de la même épaisseur.

Spectres de diffusion et d'absorption des monosubstitués du benzène. — Si l'on admet pour le benzène, la symétrie sénaire, aucune fréquence Raman ne doit correspondre à une fréquence infrarouge. Pour les monosubstitués du benzène, tous les modes de vibration sont à la fois actifs dans l'effet Raman et l'infrarouge, sauf d'après Lecomte (notations de Wilson) les vibrations 10*a*, 16*a* et 17 *a* (⁴).

Pour identifier les différentes bandes d'absorption, nous nous sommes servis des résultats importants trouvés par différents auteurs dans l'effet Raman (voir figure 1 A) (⁵).

Spectres d'absorption. — I. Le benzène présente à 608 cm^{-1} une raie de diffusion intense, correspondant à la vibration ω_{12} d'après Kohlrausch, cette vibration ω_{12} se dédouble pour les monosubstitués et doit donner lieu

(¹) Séance du 7 novembre 1938.
(²) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1891.
(³) M. Parodi, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 337.
(⁴) J. Lecomte, *Journal de Physique*, 8, 1937, p. 489.
(⁵) *Smekal-Raman Effekt*, 1938, p. 163.

à deux vibrations actives à la fois dans le spectre de diffusion et d'absorption. D'après les travaux de Kohlrausch ([6]), la position de la bande correspondant à la vibration ω_1 est fonction du poids du substituant (*fig.* 1 A), tandis que la position de ω_2 en est indépendante.

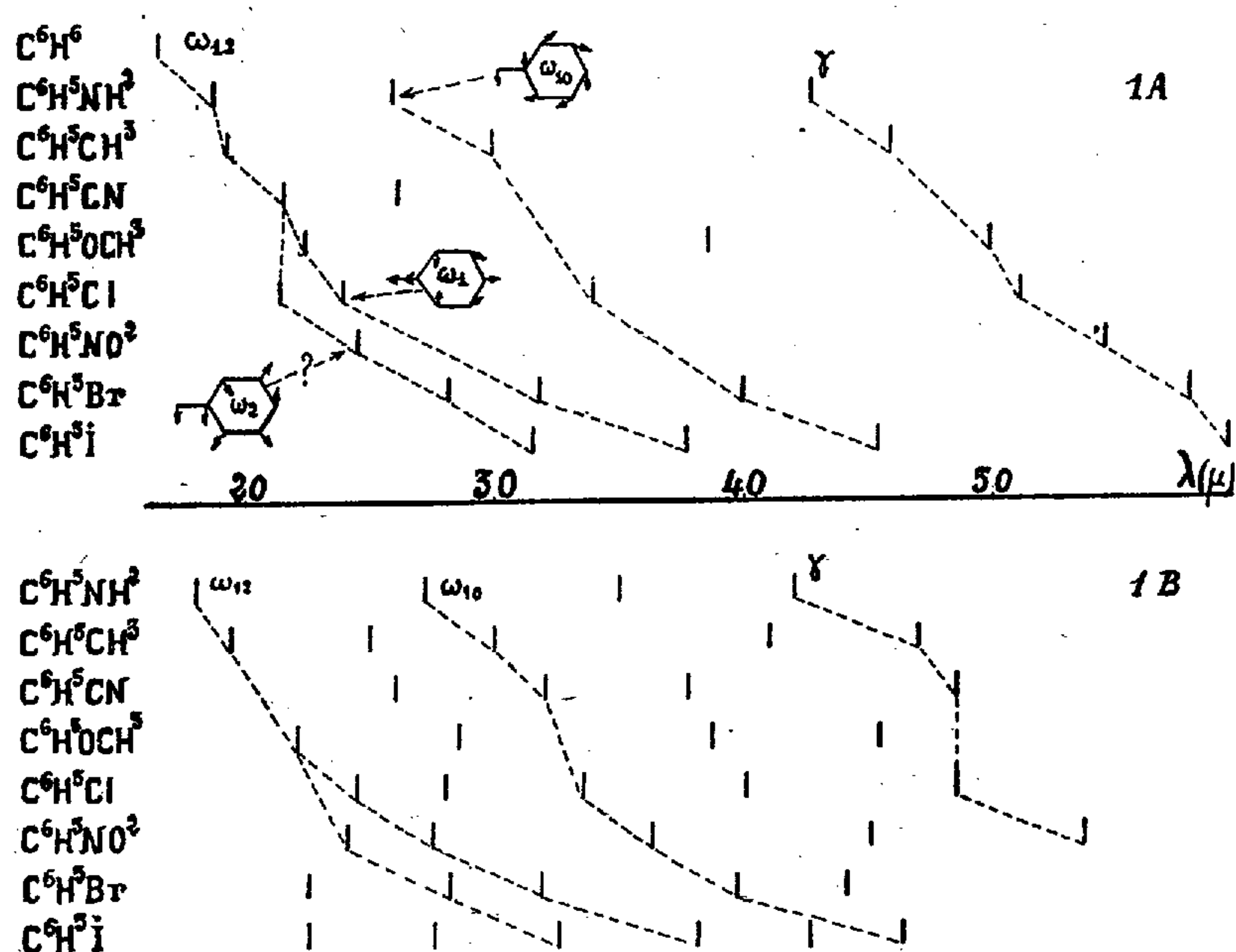


Fig. 1 A. — Spectres de diffusion des monosubstitués.
Fig. 1 B. — Spectres d'absorption des monosubstitués.

Des travaux récents ont permis à Kohlrausch de donner une autre interprétation ([5]) à la vibration ω_2, qui donnerait des bandes dans notre région (marquées ω_2 ? sur la figure 1 A).

II. Un autre mode de vibration, qui est attribuable, d'après Kohlrausch, à la vibration ω_{10}, donne lieu à une bande d'absorption à 27 μ pour l'aniline et 46 μ pour l'iodobenzène. A ce mode de vibration, pour le benzène, ne correspond aucune raie Raman ni aucune bande infrarouge. Pour les monosubstitués, au contraire, apparaît une raie Raman qui doit se retrouver dans l'infrarouge, ce qui semble confirmé.

III. Une troisième région d'absorption s'observe dans l'infrarouge plus lointain et les bandes correspondantes doivent être dues à une déformation gauche du cycle benzénique (γ).

([6]) *Phys. Zeit.*, 37, 1936, p. 58.

Nous avons représenté sur la figure 1 A les spectres de diffusion et sur la figure 1 B, les spectres d'absorption que nous avons obtenus; on remarquera la bonne concordance dans ces spectres; la précision est de l'ordre du micron.

Signalons de plus qu'il existe d'autres bandes; certaines doivent correspondre à des vibrations qui n'ont pas été identifiées dans le spectre de diffusion; les autres peuvent être, d'autre part, des bandes de combinaison ou des harmoniques des bandes fondamentales mentionnées précédemment.

PHOTOCHIMIE. — *Sur l'émission infrarouge de luminescence de quelques éléments rares.* Note [1] de M. **Marcel Servigne**, présentée par M. Jean Perrin.

Il a été signalé une méthode nouvelle, dérivée de travaux déjà anciens [2], pour l'étude et la recherche des éléments de terres rares [3]. Cette méthode consiste à observer l'émission des éléments rares en solution solide dans le tungstate de calcium, lorsque leur photoluminescence est excitée à l'intérieur d'un tube à décharges [4].

Nous avons pensé qu'il serait intéressant de compléter les résultats précédemment obtenus, relatifs à la partie visible du spectre, en étudiant les *émissions infrarouges* de quelques-uns des éléments rares dans les mêmes conditions.

Cette étude a été faite par photographie spectrographique. Le spectrographe lumineux utilisé est du modèle Beaudoin, muni d'une optique en flint, ouvert à $f/4$ et présentant vers λ 8000 Å une dispersion de 198 Å par millimètre. Devant la fente de l'appareil, il a été disposé un filtre rouge à la gélatine notablement transparent aux seules radiations dont la longueur d'onde est supérieure à λ 6000 Å.

Les résultats obtenus sont très variables avec l'élément de terre rare. Avec le néodyme, le terbium, l'holmium, l'erbium et le thullium, il n'a pas été observé d'émission infrarouge caractéristique de ces éléments. Par contre, le samarium, l'europium, le dysprosium ont donné les raies et

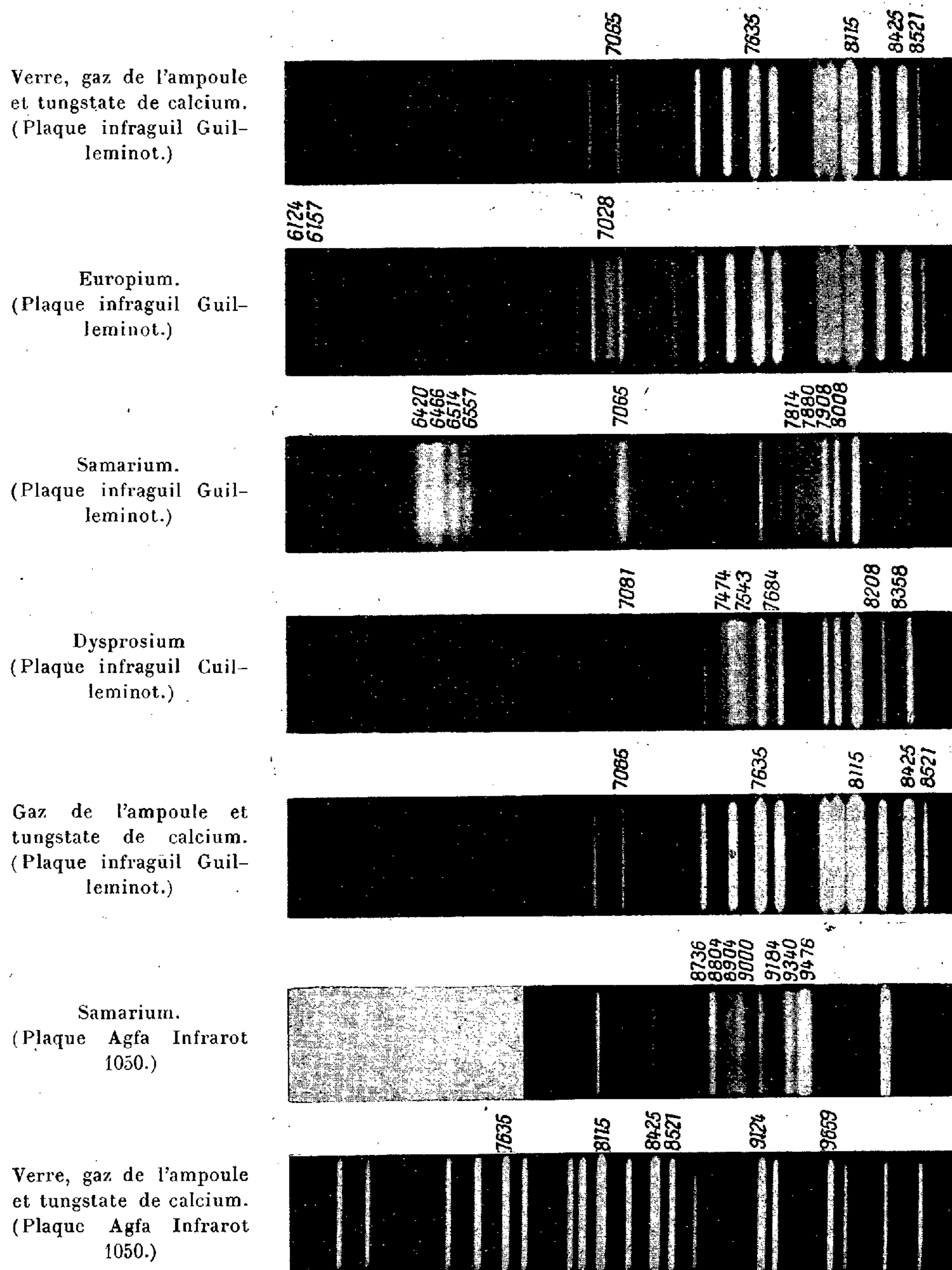
---

(1) Séance du 25 juillet 1938.

(2) G. Urbain, *Ann. de Chimie et de Phys.*, **18**, 1909, p. 222.

(3) M. Servigne, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 863.

(4) G. Claude, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1260; M. Servigne, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1247.



Spectres d'émission infrarouge de luminescence de quelques éléments rares en solution solide diluée dans le tungstate de calcium.

(Durée moyenne des poses photographiques : 12 heures.)

bandes étroites repérées sur la figure. Toutes ces émissions présentent aux variations de température la même stabilité que les émissions correspondantes dans le rouge.

Ces résultats peuvent être rapprochés de quelques faits déjà connus sur l'absorption et la luminescence infrarouge des éléments rares. Notons, à ce sujet, que les raies et bandes spectrales d'émission reproduites ci-contre sont différentes des raies et bandes d'émission, données en cathodoluminescence, par les mêmes phosphorogènes, mis en solution solide dans le sulfate de calcium ([5]). De plus, alors que, dans l'émission du samarium, la raie spectrale extrême observée jusqu'ici était à λ 9200 Å, nous avons trouvé d'autres bandes étroites jusqu'à λ 9476 Å. La dernière bande d'émission est voisine d'un maximum d'absorption trouvé à λ 9508 Å avec l'ion Sm^{+++} en solution dans l'eau ([6]).

Il est encore intéressant de constater que, dans l'infrarouge exploré, le diluant, tungstate de calcium activé, n'a pas d'émission propre. Les spectres obtenus dans ces conditions sont uniquement constitués, avec les raies du gaz, par *l'émission très pure des éléments actifs*. Ce fait peut être mis à profit en recherche analytique.

Remarquons enfin que le tube à décharges préparé pour l'étude du samarium, du dysprosium et de l'europium, réalise, en même temps que la source de lumière visible déjà signalée ([7]), une *source utilisable des radiations notées dans le proche infrarouge*.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude des grandes gerbes de rayons cosmiques à 3500^m d'altitude*. Note de M. **Pierre Auger**, transmise par M. Jean Perrin.

1. Les résultats obtenus à l'Observatoire du Pic du Midi (alt. 2900^m) ([1]) ont été complétés et étendus ([2]) au cours d'un travail effectué avec des appareils identiques au laboratoire international du Jungfraujoch (alt. 3500^m).

([5]) R. Tomaschek et O. Deutschbein, *Ztschr. f. Phys.*, 82, 1933, p. 309.
([6]) R. Freymann et S. Takvorian, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 963.
([7]) G. Claude, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1203; M. Servigne, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1247.

([1]) P. Auger et R. Maze, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 67.
([2]) Avec la collaboration de MM. P. Ehrenfest et A. Fréon.

Le nombre de grandes gerbes obtenues avec le montage à trois cpt. (abréviation pour compteurs) placés à 4^m de distance totale a été de 13 par heure : il y a donc encore entre 2900^m et 3500^m un accroissement notable de ce nombre, supérieur même à celui subi par la composante molle et les gerbes ordinaires. La comparaison des nombres de coïncidences obtenues avec 2, 3 ou 4 cpt. ($N_2 : N_3 = 2,4$; $N_3 : N_4 = 1,6$) permet d'évaluer la densité moyenne superficielle des rayons à 50 par mètre carré environ, en admettant une répartition uniforme de hasard.

2. Nous avons cherché à faire l'étude de l'absorption des corpuscules des grandes gerbes en évitant l'influence des effets secondaires qu'ils produisent dans les écrans superposés aux cpt. (voûtes de plomb) et qui ont pour résultat une augmentation de la surface utile des cpt. Entre deux murs de plomb de 8^{cm} d'épaisseur ont été disposés deux cpt. superposés, les écrans absorbants étant alors placés entre eux; le troisième cpt. était éloigné à 4^m. Les mesures avec ce dispositif montrent une décroissance débutant dès les premiers cm. de Pb interposé et indiquent en outre la présence d'une portion pénétrante.

Cependant le rôle des gerbes diffuses pouvant être important avec cet arrangement, nous avons ensuite employé trois cpt. placés à $1^m,30$ de distance totale et dont l'un pouvait être entouré d'un long cylindre de plomb de $8^{cm},5$ d'épaisseur réalisant une protection efficace. Un écran supplémentaire permettait de porter à 18^{cm} l'épaisseur totale de plomb superposé. Les nombres de coïncidences par heure ont été respectivement de 20; $3 \pm 0,6$; $1,5 \pm 0,4$ avec ces dispositifs. La partie pénétrant $8^{cm},5$ et arrêtée par 18^{cm} pourrait être due à des électrons ayant une énergie de l'ordre de 10^{10} eV; celle qui traverse 18^{cm} exigerait des électrons d'une énergie si élevée que leur présence en nombre notable dans des gerbes de la basse atmosphère est fort improbable.

3. Pour préciser le rapport entre les gerbes locales et les grandes gerbes atmosphériques nous avons employé un système de Rossi à trois cpt. groupés sous une voûte de plomb d'épaisseur variable, mis en coïncidence avec un quatrième cpt. éloigné de 4^m. La courbe des nombres de coïncidences en fonction de l'épaisseur de l'écran est semblable à celle obtenue avec le même système de Rossi sans quatrième cpt., toutes les valeurs étant réduites d'un facteur 70; seul le nombre obtenu sans écran n'est réduit que d'un facteur 10. Cela montre que les gerbes locales sont déterminées par des corpuscules qui font partie de gerbes. La densité superficielle des particules à 4^m du groupe principal est de l'ordre de 1 par mètre

carré. Comme cette conclusion paraît applicable également aux gerbes locales produites sous 18cm de Pb, il y a là l'indication de la présence d'un rayonnement pénétrant gerbigène dans les grandes gerbes.

4. Nous avons également cherché à obtenir des clichés Wilson des grandes gerbes. La chambre à détente avait une section efficace pour les corpuscules des gerbes estimée à 400^{cm^2}. Un système de 3 cpt., l'un à 4^m et les autres à 1^m de la chambre, commandait celle-ci. Les 210 clichés obtenus sont classés ci-dessous (statistique I) d'après le nombre de trajectoires visibles. De plus, 44 clichés de contrôle ont été obtenus en manœuvrant la chambre au hasard. On voit que les déclenchements des cpt. éloignés coïncident avec l'apparition de gerbes dans la chambre, comme cela a été récemment observé par d'autres auteurs au niveau de la mer ([3]).

La densité moyenne des trajectoires tirée de ces nombres est de 125 par mètre carré. Si on borne la statistique aux clichés contenant au plus 10 rayons, les autres comportant manifestement des gerbes locales produites dans les parois et les plaques métalliques situées dans la chambre et au-dessus, on trouve 75, en bon accord avec les expériences par cpt.

	Traject. visibles.......	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6-10.	11-20.	21-50.	>50.
I.	Cl. commandés....	45	25	19	22	11	10	37	24	12	2
	Cl. de contrôle....	30	12	1	1	0	0	0	0	0	0
II.	Cl. commandés....	16	5	3	2	5	1	8	3	2	3
	Cl. de contrôle....	11	2	1	0	0	0	0	0	0	0

Une autre série de clichés a été prise en plaçant au-dessus de la chambre deux cpt. superposés séparés par une large plaque horizontale de Pb de 6^{cm} d'épaisseur, une voûte de $5^{cm},5$ recouvrant en outre le cpt. supérieur. Ce dispositif sensible à la partie pénétrante des grandes gerbes commandait la chambre, en coïncidence avec deux cpt. éloignés de 4^m. La statistique II donne les résultats ainsi que le contrôle effectué en supprimant les cpt. éloignés. Aucun cas certain de particule pénétrante (mésoton) n'a pu être observé, mais la trop grande dimension relative des cpt. ne permet pas de conclusion ferme au sujet de l'absence ou de la présence de ces particules. Les clichés portent des gerbes souvent obliques, et parmi les électrons un nombre nettement anormal (6 sur 48 clichés) de trajectoires fortement ionisantes, dues sans doute à des protons de désintégration nucléaire. Ceci indique la présence dans cette partie pénétrante de rayonnements à forte interaction avec les noyaux.

([3]) JANOSSY et LOVELL, *Nature*, 142, 1938, p. 716.

En résumé les grandes gerbes se comportent comme des gerbes en cascades déterminées depuis leur entrée dans l'atmosphère par des électrons de très grande énergie ($>10^{13}$ eV) et contenant une composante capable de traverser plus de 10^{cm} de plomb.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la théorie statistique des noyaux.* Note de M. **Jacques Solomon**, présentée par M. Paul Langevin.

L'application de la théorie statistique de Thomas-Fermi à l'étude des propriétés nucléaires a déjà conduit à un certain nombre de résultats intéressants. Ceci permet d'attacher une certaine importance aux limitations qu'il est nécessaire d'envisager pour l'application de cette théorie.

On sait que la théorie statistique de Thomas-Fermi se propose essentiellement pour but de faire intervenir explicitement la statistique de Fermi-Pauli basée sur le principe d'exclusion. La constante h y intervient uniquement par l'assignation d'une limite inférieure finie à l'élément d'extension en phase. Or cette limitation ne fait pas obligatoirement intervenir les traits caractéristiques de la mécanique quantique. Il est en effet nécessaire pour passer des équations habituelles de la mécanique ondulatoire à la mécanique de Thomas-Fermi de supposer permutables les grandeurs de position et de quantité de mouvement [1]. Ceci est bien visible lors du passage des éléments de matrice de la théorie des quanta aux coefficients de Fourier de la théorie *classique* de Thomas-Fermi. Si r est la coordonnée d'espace, p_m la quantité de mouvement maximum, il est donc nécessaire que

$$\frac{\hbar}{p_m} \ll r. \tag{1}$$

On peut, d'après Bohr et Kalckar (*Dansk. Vidensk. Selsk.*, **14**, 1937, n° 9), évaluer à 30 millions de volt-électron l'énergie potentielle moyenne V qu'on doit attribuer aux particules nucléaires. Donc, en tenant compte de ce que, si p_m est la quantité de mouvement maximum, on a

$$p_m^2 = 2MeV,$$

et, en prenant pour rayon nucléaire

$$R = 1,5.10^{-13}A^{\frac{1}{3}}\,\text{cm},$$

(1) J. Solomon, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1023.

où A est le nombre de masse nucléaire, la fraction du rayon nucléaire dans laquelle la relation (1) n'est pas observée s'écrit

$$\sigma = 0{,}29 . A^{-\frac{1}{3}}. \tag{2}$$

Si l'on veut par exemple que σ soit inférieur à 1/10, c'est-à-dire pratiquement que la méthode de Thomas-Fermi soit applicable sur l'ensemble du noyau, on doit avoir

$$A > 30.$$

On remarquera toutefois que la valeur exacte du coefficient numérique de (2) ne pourrait être déterminée qu'à partir d'un modèle particulier de forces intranucléaires. En tout cas, l'applicabilité de la méthode de Thomas-Fermi pour les noyaux assez légers semble des plus douteuses. Il n'est pas sans intérêt à ce point de vue de noter que la condition (1) est la condition que l'on obtient en écrivant que l'effet de *tension superficielle* nucléaire est négligeable [3].

RAYONS X. — *Essai sur la structure hyperfine des raies X.* Note [1] de MM. **Vaclav Dolejšek, Jindřich Bačkovský** et **J. Faus**, transmise par M. Maurice de Broglie.

Nous avons observé que l'image donnée par les rayons X réfléchis par les cristaux devient plus nette quand la plaque photographique est placée le plus près possible du cristal. Dans ce cas seulement la superposition des images dues à des régions diverses d'un cristal imparfait est éliminée.

Comme l'a montré Bačkovský [2], cette situation de la plaque convient pour l'étude de la surface réfléchissante du cristal; cependant l'élimination de l'influence de la structure mosaïque sur la largeur des raies exige un arrangement symétrique, c'est-à-dire un dispositif où les distances plaque-cristal et cristal-fente sont égales.

Pour obtenir une grande dispersion avec la plus petite distance possible entre le cristal et la plaque photographique (5^{cm} environ), nous avons utilisé la plus grande distance, pratiquement possible entre la fente et le cristal (300^{cm}).

---

(3) C. F. von Weizsäcker, *Z. Physik*, 96, 1935, p. 431.

(1) Séance du 8 août 1938.

(2) *Nature*, 141, 1938, p. 872.

Avec ce montage, en employant les cristaux de SO^4Ca, NaCl et ZnS, nous avons fait les observations suivantes :

1° On trouve, à certains endroits, dans le rayonnement réfléchi, des raies très nettement définies. Leur largeur minima est pour les lignes CuK_α, $\Delta\lambda = 0{,}04$ X. U. Le résultat est sensiblement le même pour les lignes CuK_{β_1}, TuL_{α_1} et TuL_{β_1}.

Cette valeur correspond approximativement au dixième de la largeur de ces raies, telle qu'elle a été mesurée jusqu'à présent.

2° L'abondance de ces lignes dépend de la perfection des surfaces réfléchissantes.

De plus, les images particulières données par différents éléments voisins de surface du cristal peuvent se superposer. Nous avons observé une telle superposition avec un cristal de quartz très parfait, poli et taillé perpendiculairement à l'axe électrique.

3° Pour quelques régions des cristaux où la réflexion est relativement moindre, ces raies nettes apparaissent comme des doublets. L'écartement minimum de ce doublet atteint, indépendamment du cristal et de l'ordre, de 0,15 à 0,30 X. U., c'est-à-dire une valeur qui est un peu plus petite que la largeur des raies CuK_α mesurée jusqu'à présent.

4° Les raies ont, à quelques endroits du cliché, la hauteur du cristal entier.

5° L'étude de nombreux cristaux différents a montré que ces effets se reproduisent régulièrement et qu'il s'agit d'un phénomène normal.

6° En étudiant les images obtenues au delà du cristal par l'éloignement progressif de la plaque jusqu'à la position symétrique, on a constaté que dans celle-ci (le chemin des rayons étant 600^{cm}), toutes les images mentionnées se superposent; la largeur des raies est normalement définie et devient précisément égale à la valeur qu'on attribuait jusqu'à présent à leur largeur propre, soit environ 0,40 X. U.

Les considérations suivantes nous permettent d'examiner s'il est, en principe, possible d'obtenir des lignes d'une largeur égalée à 0,04 X. U.

Cette largeur de 0,04 X. U. montre que le vrai pouvoir séparateur $\lambda/\Delta\lambda$ vaut 40000 pour la ligne CuK_α. Pour obtenir un pouvoir séparateur pareil, il faut supposer que le rayonnement pénètre dans le cristal (3) jusqu'à une profondeur de $0^{mm},01$. Cette pénétration qui s'accorde avec l'expérience (3), produit dans notre cas (arrangement de 300^{cm}) un élargis-

(3) V. Dolejšek et J. Klein, *Nature*, 139, 1937, p. 886.

sement de la ligne de 10 pour 100 environ. Il s'ensuit qu'il est donc possible d'obtenir des lignes aussi fines que 0,04 X. U. dans le cas où le réseau cristallin reste parfait dans toute la profondeur du cristal ($0^{mm},01$) pénétrée par le rayonnement.

D'autre part, la largeur de lignes mesurée jusqu'à présent (0,38 X. U.) est, comme Mark et Susich [4] l'ont montré, beaucoup plus grande que celle que prévoit la théorie.

La largeur que nous avons mesurée, $\Delta\lambda = 0,04$ X. U., s'accorde avec la valeur calculée d'après la théorie classique du rayonnement [5], qui doit être indépendante de la longueur d'onde, soit $\Delta\lambda_{cal} = 2\pi e^2/3mc^2 = 0,05$ X. U. Si la valeur $\Delta\lambda = 0,04$ X. U. est la largeur propre des lignes X, nos doublets correspondraient à la structure hyperfine. Si la valeur mesurée par nous $\Delta\lambda = 0,04$ X. U. est la largeur propre des lignes X, il faut chercher la structure hyperfine dans nos lignes mêmes. Dans ce cas, on peut expliquer nos doublets par des effets extérieurs (p. ex. champ électrique dans le tube).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Application de la théorie de Debye-Hückel au titrage d'un sol de mastic.* Note de M. **René Audubert**, transmise par M. Jean Perrin.

J'ai montré [1], avec M. Carpeni, que, dans le cas d'une suspension de mastic à grains fins, la charge des grains est due principalement à un mécanisme d'ionisation superficielle des groupements acides de la périphérie. Dans ces conditions la variation de la charge au cours du titrage est un phénomène électrochimique.

D'un autre côté, j'ai montré il y a quelques années que la théorie des électrolytes forts de Debye et Hückel permettait de calculer la mobilité d'un corpuscule d'une suspension ou d'un colloïde quand la force ionique du liquide intergranulaire est petite. On a

$$u = \frac{E}{6\pi\eta a}\,\frac{1}{1 + aA\sqrt{\mu}}, \tag{1}$$

où E est la charge du granule, a son diamètre, η la viscosité, μ la force

(4) *Z. f. Phys.*, 42, 1927, p. 807, 823.

(5) M. Siegbahn, *Spektroskopie der Röntgenstrahlen*, 1930, p. 368.

(1) *Journal de Chimie physique*, 35, 1938, p. 115.

ionique, A une constante. Si l'on considère une suspension de mobilité initiale u_0, soit u la mobilité après addition d'électrolyte, la variation relative de la mobilité supposée uniquement due à la modification de l'atmosphère ionique (E = const.) est donnée par

$$\frac{u_0 - u}{u_0} = \frac{aA\sqrt{\mu}}{1 + aA\sqrt{\mu}}. \tag{2}$$

J'ai montré que cette relation ne s'applique qu'à des variations très faibles de la force ionique. On peut admettre que les écarts Δ, que présente la formule par rapport aux données expérimentales peuvent être interprétés par une variation de la charge du granule $(E_0 - E)$. Dans ces conditions, la formule (1) s'écrit

$$\frac{E_0 - E}{E_0} = \Delta(1 + aA\sqrt{\mu}). \tag{3}$$

Si l'on considère une suspension de mastic titrée au moyen de soude par exemple, la détermination de la mobilité au cours du titrage donne la variation de la charge du grain qui peut être calculée par ailleurs à partir de la constante de dissociation des groupements acides assurant la charge du granule. En considérant ces acides comme monovalents, la loi d'action des masses appliquée à l'équilibre de la dissociation superficielle donne en confondant les activités et les concentrations :

$$\frac{(\bar{S})(H^+)}{(SH)}\, k_a, \tag{4}$$

où $\bar{S}$ représente l'anion formant la couche négative de la périphérie et SH les molécules non dissociées.

Posons $(\bar{S}) + (SH) = \text{const.} = m_0$; par suite l'équation (4) devient

$$(\bar{S}) = \frac{k_a m_0}{(H^+) + k_a}.$$

Pour deux valeurs du pH correspondant à (H^+) et $(H^+)_0$ la variation de la charge est donnée par

$$E - E_0 = (\bar{S}) - (\bar{S})_0 = \frac{k_a m_0[(H^+)_0 - (H^+)]}{[(H^+) + k_a][(H^+)_0 + k_a]}. \tag{5}$$

Par suite, en tenant compte de (3), on tire

$$k_a = \frac{(H^+) - (H^+)_0}{\Delta(1 + aA\sqrt{\mu})} - (H^+). \tag{6}$$

Le tableau suivant, qui se rapporte à des suspensions à grains fins ($a < 0,5\,\mu$), donne les valeurs de k_a calculées par la formule (6) et celles trouvées expérimentalement à partir des courbes de titrage.

(H^+).	$\Delta(1 + aA\sqrt{\mu})$.	k_a.	
$1,17.10^{-6}$	$2,0\ .10^{-2}$	–	
3,65 »	7,8 »	$1,7\ .10^{-5}$	$(H^+)_0 = 1,2.10^{-6}$
3,12 »	13,85 »	1,0 »	$aA = 10^3$
8,0 »	38,2 »	0,98 »	k_a trouvé exp. $= 1,8.10^{-5}$
12,5 »	54,0 »	0,7 »	
20 »	58 »	1,3 »	
5 »	4,0 »	2,0 »	
7 »	5,0 »	5,3 »	
8 »	10,0 »	3,5 »	$(H^+)_0 = 4.10^{-6}$
10 »	13,0 »	3,6 »	$aA = 1,3.10^3$
11 »	15,0 »	3,5 »	k_a trouvé exp. $= 3,8.10^{-5}$
12 »	20,0 »	2,8 »	
14 »	25,0 »	2,6 »	
16 »	28,0 »	2,8 »	

On constate que, pour cette catégorie de sols, on obtient une assez bonne concordance entre la théorie et l'expérience, ce qui montre que la théorie de Debye-Hückel permet de calculer la variation de la charge en fonction de la réaction du milieu, dans un certain domaine de pH où la théorie est valide. Dans le cas de sols à gros grains, les valeurs de k_a déduites de la courbe de titrage sont très différentes de celles que l'on peut calculer à partir de la théorie de Debye-Hückel : au processus électrochimique de dissociation superficielle viennent se superposer d'autres phénomènes (électrisation de contact, par exemple) qui ne relèvent point de la théorie.

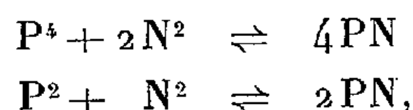
CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la formation et la polymérisation du radical phosphonitrile* PN. Note de MM. **Henri Moureu** et **Georges Wetroff**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'examen des propriétés physiques et chimiques du paranitrure de phosphore $(PN)^n$, ainsi que les analogies existant entre ce corps et le paracyanogène nous ont conduits à admettre l'existence d'un groupement phosphonitrile PN doué d'une grande stabilité chimique [1]. L'une des

[1] H. Moureu et G. Wetroff, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 51.

meilleures preuves que nous pouvions fournir de la réalité de cette conception était de trouver les conditions de formation de la molécule monomère PN à partir des molécules polyatomiques de phosphore et d'azote. Et d'abord une telle union est-elle énergétiquement possible? Le bilan thermique réactionnel déduit des données relatives au spectre de la bande attribuée à la molécule PN (2), au spectre de fluorescence de la molécule P^2 (3), au potentiel d'ionisation de la molécule N^2 (4), ainsi qu'à la chaleur de dissociation de la molécule P^4 en P^2 (5), montre que la formation à l'état de vapeur du radical PN ne devrait mettre en jeu que de faibles quantités d'énergie. On trouve une valeur légèrement exothermique (environ 8 Kcal par molécule PN) en partant des molécules P^2, et une valeur faiblement endothermique (environ 5,5 Kcal) si l'on part des molécules P^4.

En appliquant alors la formule simplifiée de Nernst aux équilibres



$$P^4 + 2N^2 \rightleftharpoons 4PN$$
$$P^2 + N^2 \rightleftharpoons 2PN,$$

il apparaît que, théoriquement, la vapeur de phosphore devrait se combiner à l'azote sous la pression normale, même à des températures assez peu élevées, en donnant naissance à des molécules monomères PN. C'est donc à l'expérience de vérifier ces hypothèses, et de décider entre les divers mécanismes possibles en nous faisant connaître quelles sont celles des molécules tétratomiques P^4, biatomiques P^2 ou monoatomiques P qui sont indispensables pour que l'union avec l'azote ait effectivement lieu.

La difficulté expérimentale résidait dans la réalisation d'un appareillage capable de résister à haute température aux agents chimiques très actifs mis en jeu dans cette réaction. Nous l'avons résolue en faisant usage de filaments de tungstène qui résistent bien pendant la durée d'une opération. Le filament était enfermé dans une ampoule scellée renfermant du phosphore et de l'azote en quantités équimoléculaires, calculées de manière à ce qu'à haute température la pression n'excède pas une atmosphère. Le filament était alors parcouru par un courant électrique destiné

(2) Curry, L. Herzberg et G. Herzberg, *Z. f. Phys.*, 86, 1933, p. 348; Ghosh et Datta, *ibid.*, 87, 1933, p. 500.

(3) Jakowlewa, *Z. f. Phys.*, 60, 1931, p. 548.

(4) De Hemptinne et Savard, *J. de Phys.*, 6, 1935, p. 499.

(5) Stock, Gibson et Stamm, *Ber. d. Chem. Ges.*, 45, 1912, p. 3527.

à créer la zone chaude nécessaire pour provoquer la réaction entre les deux constituants, tandis que l'ampoule entière était maintenue à l'intérieur d'un four électrique chauffé vers 400-500° de manière à déterminer la volatilisation du phosphore et empêcher en même temps sa condensation en cours de réaction.

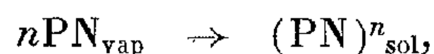
Conduite dans les conditions opératoires qui viennent d'être précisées, l'expérience montre qu'une mince pellicule constituée par du paranitrure $(PN)^n$ commence à se déposer sur les parois de l'ampoule dès que la température du filament atteint 1500° environ. A 1800° la réaction est suffisamment rapide pour qu'en deux heures de fonctionnement le phosphore mis en œuvre soit intégralement transformé.

La température élevée atteinte par le filament exclut la possibilité de formation directe des molécules $(PN)^n$ à partir de ses constituants, puisque nous avons établi dans des expériences antérieures que le paranitrure de phosphore se décompose vers 1000° en phosphore et azote à la pression normale. D'autre part, aux températures élevées où nous avons observé la combinaison du phosphore avec l'azote, les vapeurs de phosphore sont presque exclusivement constituées par des molécules P^2 produites aux dépens des molécules P^4. Le mécanisme de la transformation observée paraît donc procéder en premier lieu de la superposition des deux réactions équilibrées



$$P^4 \rightleftharpoons 2P^2 \quad \text{et} \quad P^2 + N^2 \rightleftharpoons 2PN$$

qui se produisent dans la zone à température élevée. Mais les molécules monomères PN formées diffusent du filament vers la paroi, et celles qui ont échappé en cours de route à la dissociation arrivent dans la zone où la température est la plus basse et y subissent la réaction exothermique de polymérisation



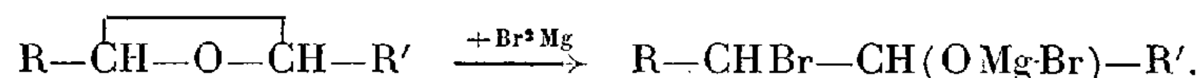
$$n\text{PN}_{\text{vap}} \rightarrow (\text{PN})^n_{\text{sol}},$$

qui se manifeste par la formation de paranitrure de phosphore, terme final de la réaction. L'expérience décrite confirme donc l'hypothèse faite que le radical phosphonitrile PN peut bien se former par voie purement thermique en unissant l'azote à la vapeur de phosphore à température convenable.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des halogénures de magnésium à l'état d'éthérates sur les époxydes*. Note de M. **Marc Tiffeneau** et Mlle **Bianca Tchoubar**, présentée par M. Auguste Béhal.

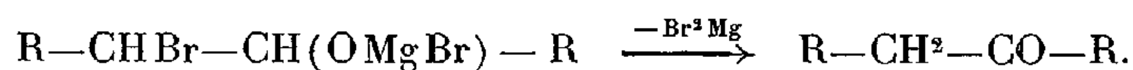
L'action des organomagnésiens mixtes sur les époxydes comporte deux modalités distinctes, établies dès 1907 [1] : tantôt les époxydes réagissent directement avec formation d'alcools dont la nature primaire, secondaire ou tertiaire de leur fonction alcool dépend du caractère primaire, secondaire ou tertiaire de l'atome de carbone qui reste porteur de l'oxygène après la rupture de l'anneau époxydique; tantôt les époxydes semblent réagir indirectement, c'est-à-dire après isomérisation préalable en aldéhydes ou en cétones, d'où formation d'alcools qui, différemment des précédents, ne peuvent être que secondaires ou tertiaires. Cette seconde modalité très curieuse peut s'expliquer si l'on admet que l'action de l'organomagnésien est précédée d'une fixation de l'halogénure de magnésium toujours présent dans le réactif magnésien; cette fixation serait suivie d'une défixation qui, au lieu de régénérer l'époxyde initial, conduirait à un aldéhyde ou à une cétone. Nous avons été ainsi amenés à étudier l'action des éthérates sur les époxydes, action qui jusqu'ici n'avait été examinée que dans quelques cas isolés [2]. Toutefois, comme on le verra dans les exemples ci-après, celle-ci est différente suivant qu'elle est conduite à froid ou à chaud avec évaporation complète du solvant.

Dans le premier cas il y a addition de X^2Mg sur l'époxyde et obtention d'halohydrine à l'état de magnésiate, qu'il suffit de décomposer par l'eau pour isoler l'halohydrine



$$R{-}\overset{\frown}{CH{-}O{-}CH}{-}R' \xrightarrow{+Br^2Mg} R{-}CHBr{-}CH(OMgBr){-}R'.$$

Dans le second cas le magnésiate formé initialement perd X^2Mg, mais sans qu'il y ait régénération de l'époxyde; on obtient en effet les produits d'isomérisation de celui-ci, aldéhyde ou cétone, avec ou sans transposition



$$R{-}CHBr{-}CH(OMgBr){-}R \xrightarrow{-Br^2Mg} R{-}CH^2{-}CO{-}R.$$

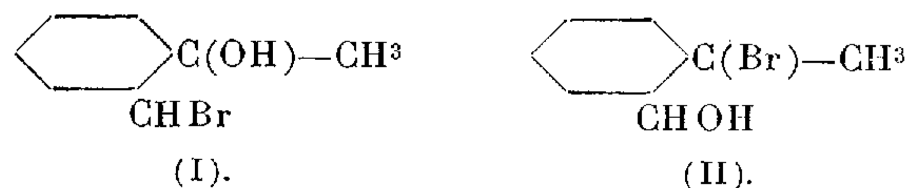
(1) Fourneau et Tiffeneau, *Comptes rendus*, 145, 1907, p. 436; *Bull. Soc. Chim.*, 1, 1907, p. 1227; Tiffeneau et Fourneau, *Comptes rendus*, 146, 1908, p. 697.

(2) Ribas et Tapia, *Annales*, 28, 1930, p. 636; 30, 1932, p. 778 et 944; Bedos, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 255.

I. Série aliphatique. — *L'époxy*-2.3-*pentane*, traité par l'éthérate de Br^2Mg à froid et décomposé par l'eau, fournit un mélange (Eb_{15} 67-68°) des deux bromhydrines CH^3—CHBr—CHOH—C^2H^5 et CH^3—CHOH—CHBr—C^2H^5, cette dernière étant prépondérante. A chaud et après décomposition par H^2O, on isole les deux cétones correspondantes C^2H^5—CO—C^2H^5 (semicarbazone F. 139°) et CH^3—CO—C^3H^7 (semicarbazone F. 110-111°) avec prépondérance de cette dernière.

II. Série cyclanique. — 1° L'*époxy*-1.2-*cyclohexane*, traité à froid par Br^2Mg ou par I^2Mg conduit, après action de l'eau, aux *trans* halohydrines suivantes : $C^6H^{10}Br(OH)$ (Eb_{13} 90-91°; paranitrobenzoate F. 59-60° ; dinitrobenzoate F. 155°) et $C^6H^{10}I(OH)$ (F. 40°, paranitrobenzoate F. 74-75°; dinitro-3.5-benzoate F. 157°). A chaud, il y a déshalogénation magnésienne avec transposition semi-hydrobenzoïnique et formation de cyclopentylformaldéhyde, déjà signalée par Bedos (*loc. cit.*), mais en invoquant un mécanisme tout différent.

2° Le *méthyl*-1-*époxy*-1.2-*cyclohexane* donne à froid, avec l'éthérate de Br^2Mg, les deux *trans* bromhydrines isomères



l'une (I), stable, à hydroxyle tertiaire (Eb. 100-101° sous 16mm, *p*-nitrobenzoate, F. 130°; dinitrobenzoate, F. 120°); l'autre, instable, et subissant déjà à la température ordinaire la déshalogénation ci-après. A chaud, il y a déshalogénation magnésienne transformant (I) en acétylcyclopentane (semicarbazone, F. 145°), par transposition semi-pinacolique, et (II) en méthyl-1-cyclopentylformaldéhyde (semicarbazone, F. 168°), par transposition semihydrobenzoïnique, mais accompagné de méthyl-1-cyclohexanone (semicarbazone, F. 198°) formée sans transposition.

3° *Oxyde de méthylène cyclohexane*. — Cet oxyde traité à froid par l'éthérate de Br^2Mg fournit la bromhydrine $C^6H^{10}Br$ — CH^2OH (F. 82°, dinitrobenzoate F. 133°), alors qu'à chaud il se forme l'hexahydrobenzaldéhyde.

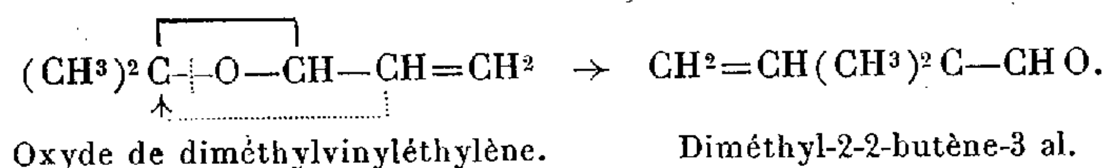
III. Série aromatique. — L'*oxyde de styrolène* est transformé à froid par les éthérates de Br^2Mg et de I^2Mg et après décomposition par l'eau en bromhydrine C^6H^5 — CHBr — CH^2OH (Eb_{19} 131-132°; *p*-nitrobenzoate F. 56-57°; dinitrobenzoate F. 103°) et en iodhydrine déjà connue C^6H^5 — CHI — CH^2OH (F. 80°,5, nitrobenzoate F. 76°; dinitrobenzoate F. 110°). A chaud, il y a dans les deux cas formation de phénylacétaldéhyde sans transposition.

Conclusions. — Les époxydes, soumis à l'action des halogénures de magnésium à l'état d'éthérates, donnent à froid les magnésiates des halohydrines correspondantes d'où, après décomposition par l'eau, obtention de ces halohydrines. Si la réaction est effectuée à chaud et mieux encore avec évaporation de la majeure partie de l'éther, le magnésiate initialement formé perd X^2Mg et il y a formation, non pas des époxydes initiaux, mais des aldéhydes ou cétones correspondants, tantôt avec conservation de la structure initiale, tantôt avec transposition moléculaire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'isomérisation de l'oxyde de diméthylvinyléthylène en diméthyl-2-2-butène-3-al. Migration du radical vinyle.* Note de M. **Yves Deux**, présentée par M. Auguste Béhal.

Il a été établi que dans les transpositions du type hydrobenzoïnique réalisées soit par déshydratation des hydrobenzoïnes, soit par isomérisation des époxydes correspondants le radical phényle peut être remplacé par un radical vinyle.

Toutefois ces deux radicaux, dont on connaît les fortes propriétés attractives d'électrons, n'ont pas encore pu être comparés à ce point de vue; on a admis que le phényle l'emporte sur le vinyle, mais sans en avoir fourni la preuve rigoureuse. J'ai repris cette étude en comparant chacun de ces radicaux à deux méthyles, notamment en étudiant l'isomérisation de l'oxyde de vinyldiméthyléthylène. On sait en effet que, dans les oxydes du même type, dans lesquels le vinyle est remplacé par un phényle ou par un anisyle, la rupture de l'anneau époxydique a lieu du côté des deux méthyles dans le premier cas, et du côté de l'anisyle dans le second. Avec le nouvel époxyde étudié par moi, j'ai constaté que la rupture a également lieu du côté des deux méthyles et celle-ci est suivie de la migration du vinyle avec formation de vinyldiméthylacétaldéhyde ou diméthyl-2-2-butène-3 al.



Oxyde de diméthylvinyléthylène. Diméthyl-2-2-butène-3 al.

Il s'ensuit que, comme le phényle, le vinyle exerce une influence moins forte que l'anisyle; toutefois les faits rapportés ici ne permettent pas d'établir de comparaison entre le vinyle et le phényle.

1° *Préparation de l'oxyde de diméthylvinyléthylène.* — Le diméthylvinyléthylène ($Éb_{760}$ 75-76°) a été obtenu en déshydratant par distillation sur la ponce sulfurique l'alcool $(CH^3)^2C=CH-CHOH-CH^3$ préparé en réduisant par l'isopropylate d'Al la cétone correspondante, l'oxyde de mésityle. Ce carbure traité par la chlorurée (en solution hydroacétique à 8 pour 100) a été transformé en chlorhydrine et celle-ci en époxyde ($Éb_{60}$ 80-81°) en la soumettant en solution éthérée à l'action de la potasse sèche.

2° *Isomérisation de l'oxyde de diméthylvinyléthylène.* — Cette isomérisation a été effectuée soit par passage des vapeurs d'époxyde sur la terre d'infusoires à 250°, soit plus doucement en traitant l'époxyde par l'éthérate

de Br^2Mg. On obtient ainsi un aldéhyde ($Éb_{70}$ 87-88°), qui est le diméthyl-2-2-butène-2-al et non le méthyl-2-pentène-2-al-5

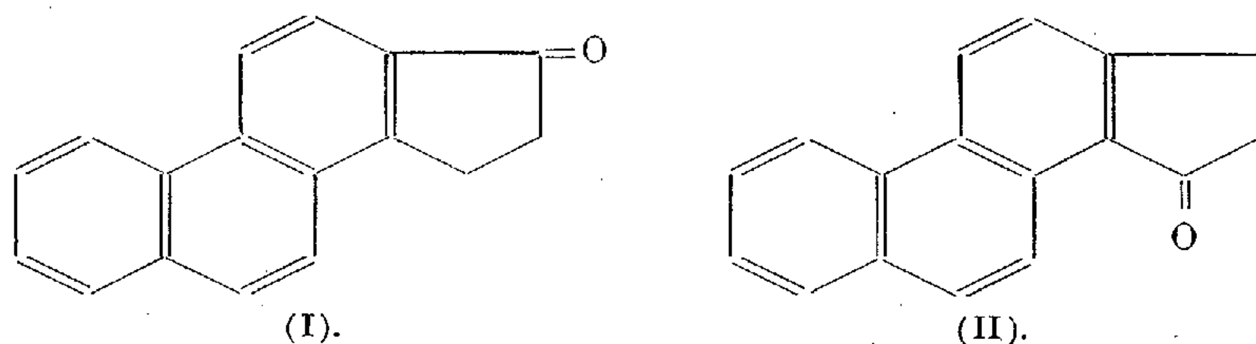

$$(CH^3)^2C = CH—CH^2—CHO,$$

pouvant provenir de l'autre époxyde, si ce dernier s'était formé. La structure de cet aldéhyde a été établie par son hydrogénation en alcool diméthyl-2-2-butylique ($Éb_{760}$ 135-137°; phényluréthane F. 63-64°) qu'on a identifié soit par comparaison avec l'alcool obtenu en faisant agir $ClMgC(CH^3)^2C^2H^5$ sur le formiate d'éthyle, soit par son oxydation en acide diméthyl-2-2-butanoïque ($Éb_{33}$ 113-114°; amide F. 102-103°; anilide F. 92-93°) qu'on a comparé avec un acide synthétique provenant de l'action de CO^2 sur $ClMgC(CH^3)^2C^2H^5$.

Conclusions. — L'isomérisation de l'oxyde de diméthylvinyléthylène conduit au diméthyl-2-2-butène-3-al. La rupture de l'anneau époxydique a donc lieu du côté des deux méthyles et le vinyle se comportant comme le phényle, il ne peut pas être constaté de différence de comportement entre ces deux radicaux dont la capacité affinitaire est pour tous deux inférieure à celle de l'anisyle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des substances à effet hormonique femelle. Sur la synthèse des deux oxocyclopenténo-1.2-phénanthrènes*. Note de M. **Joseph Hoch**, présentée par M. Marcel Delépine.

La synthèse des deux oxocyclopenténo-1.2-phénanthrènes (I) et (II) présentait un grand intérêt à cause de leurs structures carbonées identiques à celles des hormones sexuelles et des stérines

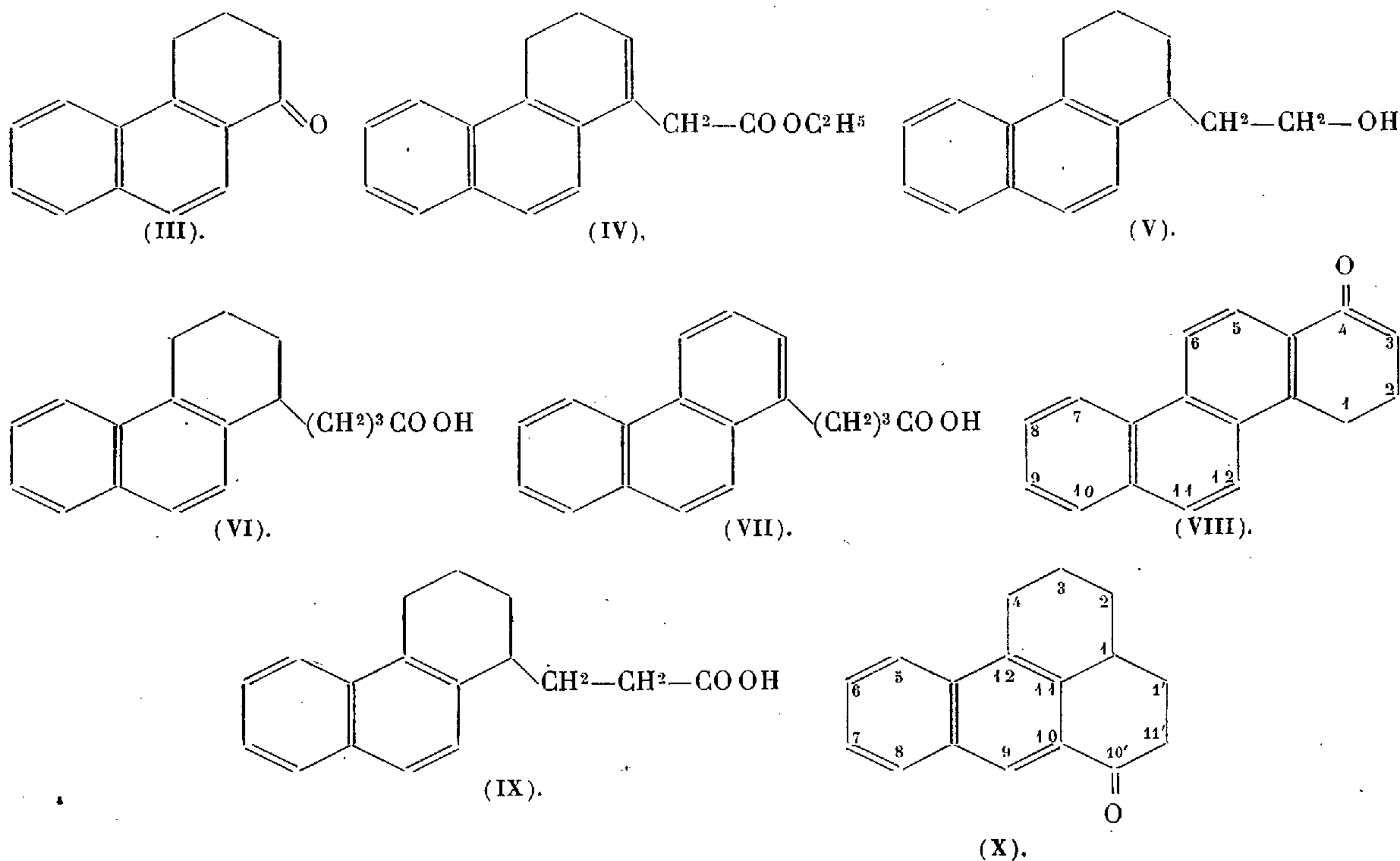


(I). (II).

En 1935, Bachmann [1] entreprit la préparation de ces deux composés, mais ne put obtenir que (II). En tentant de réaliser la synthèse de ces deux produits par voie différente, j'ai obtenu (II) par oxydation chromique

(1) *J. Amer. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 1381 et 1382.

ménagée à partir du cyclopenténo-1-2-phénanthrène relativement accessible. Pour préparer (I), j'ai voulu essayer de transformer l'oxo-4-tétrahydro-1.2.3.4-chrysène (VIII) par oxydation ménagée en diacide et cycliser celui-ci en (I). Au cours de mes travaux, j'ai réussi à préparer (VIII), lorsque tout dernièrement Bachmann ([2]) a obtenu (I) d'une autre façon.



En présence de ce fait, je décrirai dans la présente Note les résultats que j'ai obtenus dans ce domaine, pour aboutir à l'obtention des corps (VIII), (X) et (II).

a. Passage de (III) *à* (VIII). — Dihydro-3.4 (phénanthryl-1) acétate d'éthyle (IV) P. É. 215-220° sous 2^{mm}, obtenu par action de Br.CH^2.$COOC^2H^5$ sur l'oxo-1-tétrahydro-1.2.3.4-phénanthrène (III) en présence de Zn amalgamé en solution benzénique. L'hydroxyéther formé primitivement perd H^2O à la distillation (Rend. 91 %). Alcool β (tétrahydro-1.2.3.4-phénanthryl-1) éthylique (V) P. É. 225-230° sous 15^{mm}, par réduction de (IV) au moyen de Na et alcool absolu (Rend. 77 %). Acide γ (tétrahydro-1.2.3.4-phénanthryl-1) butyrique (VI)

([2]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 59, 1938, p. 2207.

P. F. 94-95°, à partir du bromure non isolé à l'état pur de (V) [obtenu par action de PBr^3 sur (V)] par synthèse malonique, saponification et fusion. Acide γ (phénanthryl-1) butyrique (VII) P. F. 152°, par déshydrogénation de (VI) au moyen du soufre à 230°. Oxo-4-tétrahydro-1.2.3.4-chrysène (VIII) paillettes jaunâtres P. F. 222°, par cyclisation de (VII) au moyen de $SnCl^4$ à 110°. Phénylhydrazone : poudre ocre P. F. 244-246°.

b. Passage de (V) *à* (X). — Acide β (tétrahydro-1.2.3.4-phénanthryl-1) propionique (IX) P. F. 115°, par action de KCN sur le bromure brut de (V) et saponification du nitrile brut obtenu par KOH alcoolique. Oxo-10'-triméthylène-1.10-tétrahydro-1.2.3.4-phénanthrène (X) P. F. 115°, par cyclisation de (IX) au moyen de $SnCl^4$.

c. Obtention de (II). — Oxo-1-cyclopenténo-1.2-phénanthrène (II) P. F. 183°, par oxydation du cyclopenténo-1.2-phénanthrène avec CrO^3 à froid en milieu acétique (Rend. 50 % env.).

Les expériences, en vue de déterminer si (VIII) et (X) ont un pouvoir œstrogène, sont en cours.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la formation de colorants du groupe des isocyanines par condensation intermoléculaire des 4-chloroquinaldines.* Note de MM. **André Meyer** et **Henri Drutel**, présentée par M. Marcel Delépine.

En étudiant la 2.6-diméthyl-4-chloroquinoléine précédemment décrite (1), nous avons observé une très particulière et intéressante réaction de condensation, fournissant un colorant appartenant au groupe des *isocyanines*.

Lorsqu'on chauffe cette méthylchloroquinaldine absolument pure et sèche, elle distille entièrement sans décomposition au-dessus de 300°. Mais, si, au contraire, ce produit, insuffisamment purifié et encore humide, est chauffé dans les mêmes conditions, la masse, tout d'abord limpide et incolore, se transforme en un composé solide, amorphe, bleu foncé, avec une très vive réaction et dégagement de gaz chlorhydrique. Les propriétés et les réactions de ce corps sont analogues à celles d'un colorant du groupe des *isocyanines*.

Pour purifier le colorant, lequel renferme encore, à côté d'autres impuretés, du chlorhydrate de 2.6-diméthyl-4-chloroquinoléine en assez notable proportion, on le dissout dans l'eau et traite par la soude la liqueur obtenue. Il y a virage du *bleu* au *rose* et précipitation d'une base rose

(1) André Meyer et Henri Drutel, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 148.

insoluble, mélangée de 2.6-diméthyl-4-chloroquinoléine. Pour séparer cette dernière, on reprend le produit, préalablement desséché, par du benzène anhydre : l'addition d'un excès d'éther précipite la base rose, la chloroquinaldine restant en solution. Cette base rose, ainsi isolée, est redissoute dans le benzène, et l'action du gaz chlorhydrique sec fournit à nouveau l'*isocyanine bleue*, à l'état de chlorhydrate insoluble dans le benzène.

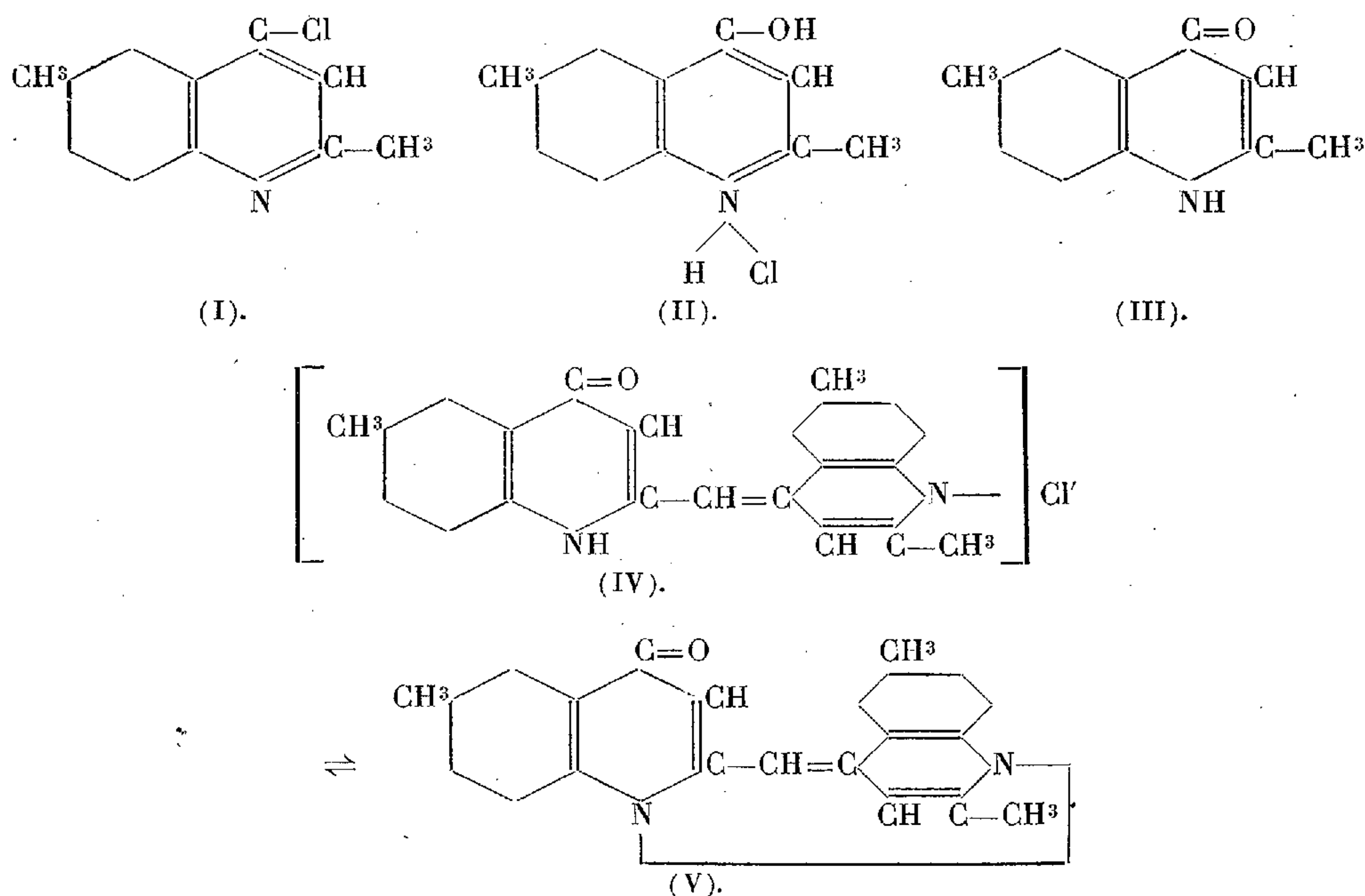
Cette *isocyanine bleue* fond au-dessus de 300°. Elle est soluble dans l'eau et l'alcool, se décolore avec les acides concentrés, la coloration bleue reparaissant par dilution. Elle est insoluble dans l'éther, le benzène, le chloroforme. Traitée en solution aqueuse par un alcali, elle fournit, avec virage au rose, une base totalement exempte de chlore. L'halogène se trouve ainsi, dans l'isocyanine, entièrement à l'état *ionisable*, ce qui permet un titrage volumétrique.

Analyse de l'isocyanine bleue. — Trouvé pour 100, Cl 9,56; ClH 9,96; N 7,49. Calculé pour $C^{22}H^{19}ON^2Cl$, Cl 9,79; ClH 10,06; N 7,72.

Propriétés et analyse de la base rose. — Cette base, après purification, ne contient pas d'halogène : le chlore a donc été *totalement* éliminé du noyau quinoléique lors de la réaction de formation. Ce composé est d'une très grande stabilité. Il est peu soluble dans l'alcool et l'éther, soluble dans le benzène. Il se dissout dans les acides minéraux dilués en donnant des *sels bleus* de coloration intense. Il est insoluble dans l'eau et les alcalis, même concentrés : cette dernière propriété montre ainsi qu'il n'existe pas dans la molécule de groupe phénolique, bien que l'analyse indique la présence d'oxygène.

Analyse. — Trouvé pour 100, C 81,10; H 5,48; N 8,18. Calculé pour $C^{22}H^{18}ON^2$, C 80,98; H 5,52; N 8,58. PM (cryoscopie dans le benzène), trouvé 336; calculé 326.

Le mécanisme de la réaction peut s'interpréter en admettant, à partir de la chlorométhylquinaldine (I), la formation, par fixation d'eau et transposition, d'un chlorure d'ammonium quaternaire (II); celui-ci, par perte de ClH, donnerait la quinaldone (III). Enfin la condensation de (II) et de (III) avec départ d'eau et oxydation, conduirait à l'isocyanine (IV). Celle-ci, sous l'action d'un alcali, se transformerait en hydroxyde intermédiaire, lequel par anhydrisation, fournirait la base rose (V).



Cette conception correspond à la constitution admise actuellement pour les isocyanines.

La 2.8-*diméthyl-4-chloroquinoléine*, par contre, ne donne pas de réaction de ce genre, et il n'a pas été possible jusqu'ici de la transformer en isocyanine : la substitution en 8 paraît ainsi exercer une influence d'ordre stérique.

Conrad et Limpach [1] ont signalé la production d'un composé bleu, dans des circonstances analogues, à partir de la 4-*chloroquinaldine*. Mais les formules indiquées pour l'explication de la réaction sont certainement erronées : on peut cependant conclure de ce fait que l'obtention d'isocyanines à partir des quinaldines halogénées en 4, par condensation intermoléculaire, présente un caractère de généralité.

---

[1] *Ber. d. chem. Ges.*, 20, 1887, p. 957.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la vitesse de formation des oximes, phénylhydrazones et semicarbazones des aldéhydes-phénols.* Note de MM. **Gustave Vavon** et **Paul Monthéard**, présentée par M. Robert Lespieau.

L'un de nous a montré, en collaboration avec M. Anziani [1], que l'introduction du groupe OH en ortho dans les aldéhydes aromatiques augmentait beaucoup la vitesse d'oximation.

Nous avons généralisé cette conclusion en étudiant un plus grand nombre d'aldéhydes et de cétones hydroxylées ou méthoxylées ainsi que deux autres réactions : la formation des phénylhydrazones et des semicarbazones.

Les mesures ont été faites dans l'alcool à 75 pour 100 sur le mélange de deux molécules de chlorhydrate pour une molécule d'aldéhyde ou de cétone, les concentrations étant respectivement N/20 et N/40.

Pour l'hydroxylamine et la phénylhydrazine dont les chlorhydrates sont neutres au bleu de bromophénol, on suit la réaction en titrant à la soude l'acide chlorhydrique libéré. Pour la semicarbazide on fait un titrage à l'iode du réactif non utilisé [2].

Dans le tableau ci-dessous figurent les résultats obtenus à 0° pour les aldéhydes, à 35° pour les cétones. Les nombres représentent les temps, en minutes, nécessaires à la demi-réaction; la première colonne se rapporte aux oximes, la seconde aux phénylhydrazones, la troisième aux semicarbazones.

Benzaldéhyde	< 1	9	–
o-oxybenzaldéhyde	< 1	< 1	< 1
p- »	9	200	15
Diméthyl-2.5-benzaldéhyde	3	50	–
» -2.4-oxy-6-benzaldéhyde	4	2	–
» -2.6- » -4- »	130	85	–
o-méthoxybenzaldéhyde	< 1	< 1	< 1
p- »	50	15	14
Diméthoxy-2.3-benzaldéhyde	–	12	–
» -3.4- »	–	190	–
o-vanilline	< 1	< 1	–

(1) G. Vavon et P. Anziani, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 2077.

(2) Voir Bartlett, *J. Am. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 2853, et P. Anziani, *Thèse de Doctorat,* Nancy, 1936, p. 125.

Vanilline	10	200	–
Naphtaldéhyde 1	5	195	–
Oxy-2-naphtaldéhyde 1	1	$<$ 1	–
» -4- »	120	370	–
Acétophénone	24	180	–
o-oxyacétophénone	230	210	–
p- »	110	320	–

Les nombres ci-dessus montrent *la grande influence accélératrice des groupes* OH *et* OCH^3, *quand ils sont voisins de la fonction aldéhyde*, influence qui se fait sentir pour les trois réactions étudiées, et aussi bien dans le noyau du naphtalène que dans celui du benzène : *pour les différents couples d'isomères ortho et para, le rapport des vitesses est toujours supérieur à* 10 *et peut dépasser* 300.

Cette conclusion vaut d'ailleurs pour des conditions expérimentales autres que les précédentes, comme l'ont montré des mesures faites à différents pH sur les couples *o*- et *p*-oxybenzaldéhydes, vanilline et *o*-vanilline, oxynaphtaldéhydes.2 et 4.

Par contre une telle influence ne se retrouve plus dans le cas des acétophénones.

Si l'on veut interpréter la grande réactivité des aldéhydes *o*-hydroxylées par une « chélation », il faut admettre *la chélation entre* H *aldéhydique et* O *phénolique* et non entre H phénolique et O aldéhydique, puisque cette influence disparaît par substitution de CH^3 à H aldéhydique et non à H phénolique.

Ajoutons que d'après les premiers résultats d'une étude en cours, ce rôle des groupes OH et OCH^3, si net pour la formation d'oximes, de phénylhydrazones, de semicarbazones ne se retrouve plus, ou du moins plus au même degré, pour d'autres réactions des aldéhydes : hydrogénation au platine, oxydation à l'acide chromique, réaction de Cannizzaro.

Nous poursuivons ces recherches.

GÉOLOGIE. — *Traces éoliennes du continent antémolassique dans les premiers sédiments de la Molasse suisse.* Note [1] de M. **Arnold Bersier**, présentée par M. Lucien Cayeux.

Un témoin de formation éolienne à stratification entrecroisée et quartz arrondis, vraie dune fossile du continent sidérolithique antémolassique,

(1) Séance du 7 novembre 1938.

a été mis en évidence au Mormont (Vaud) [1]. Sa préservation est due à une inclusion tectonique dans le substratum de calcaire urgonien. Le caractère exceptionnel de cette conservation laisse supposer que le continent sidérolithique possédait une couverture arénacée assez étendue, disparue ensuite par remaniement des grains sableux lors de l'avance progressive de la mer molassique sur le territoire du Plateau suisse et du Jura actuel. De cette hypothèse nous avons déduit que des grains quartzeux à faciès éolien devaient être disséminés dans les premiers sédiments tranquilles de l'avant-fosse molassique.

Nos recherches à ce sujet sur les premières molasses datées (Chattien) ont été vaines. Ces couches sont déjà trop élevées dans la formation, tous les grains y sont anguleux, d'une morphologie typique de sables fluviatiles. Plus récemment, nous avons examiné dans ce même but, et avec succès, les gompholithes du pied du Jura vaudois.

On sait que le remplissage de l'avant-fosse de la Molasse a commencé à l'Oligocène par des matériaux de provenance alpine, l'active orogenèse de la chaîne à cette période faisant d'elle la source principale de l'apport détritique. Cependant, au pied du Jura actuel, sur l'autre rive du bras de mer molassique, se sont formés quelques dépôts locaux de conglomérats monogéniques de calcaires jurassiens dénommés *gompholithes* par les anciens auteurs. Ce sont des deltas de petits cours d'eau descendant des premiers reliefs jurassiens et tributaires de lagunes précédant l'avancement de la mer. Il existe dans ces gompholithes de minces intercalations de grès calcaires, qui ne sont pas des molasses puisqu'ils ne contiennent pas de détritus de feldspaths ou de micas. Il s'agit de grains de quartz enrobés dans une trame calcaire chargée d'argile et d'oxyde de fer. C'est donc là un apport exclusivement jurassien dû au lavage de la surface continentale calcaire.

Les grains quartzeux (obtenus par dissolution à HCl) sont de deux catégories bien distinctes :

1° Une forte proportion de grains, surtout les plus gros (1^{mm},1 — 1^{mm},2), sont arrondis et dépolis, attestant une usure avancée ; la forme ellipsoïdale ou globulaire est fréquemment atteinte. Le plus souvent, la forme originelle est presque entièrement effacée et le dépolissage s'étend aux moindres détails du relief. D'autres grains arrondis plus petits (0^{mm},25 — 0^{mm},28) conservent encore, dans leur forme générale, les traces de leurs facettes originelles adoucies et polies ; ils sont absolument dépourvus d'arêtes

(1) A. Bersier et H. Badoux, *Eclogae geol. Helvetiae*, 30, II, 1927, p. 231.

vives. Ce sont là les caractères de l'usure éolienne, tels que les a définis M. L. Cayeux (*Mém. Carte géol. France*, 1929, p. 79), et tels qu'ils résultent de nos comparaisons avec des sables dunaires désertiques.

2° Une partie des grains quartzeux moins volumineux ($0^{mm},1$-$0^{mm},6$) montrent des arêtes vives, à éclat vif, d'une grande fraîcheur, caractéristiques du transport fluviatile. Il s'agit de grains éoliens remaniés et fragmentés; on a de cela la certitude, puisque parmi eux, nombreux sont ceux qui montrent encore, sur une partie de leur pourtour, une face d'usure éolienne intacte. Ces grains réunissent en un contraste remarquable à la fois le façonnement éolien et le façonnement fluviatile.

M. André Vatan a bien voulu confirmer nos déterminations et les compléter par diverses comparaisons.

Il résulte de tout ceci que les premiers cours d'eau, probablement temporaires et analogues aux oueds, descendant la rive jurassienne, transportaient les résidus de nettoyage d'une surface désertique.

Nous avons pu faire une observation aussi significative dans une *molasse rouge* du voisinage du Mormont, uniquement formée de résidus sidérolithiques. Les grains de cette molasse sont mieux triés et plus volumineux ($1^{mm},4$-$1^{mm},6$) et leur usure est plus prononcée encore. Ils suivent en cela la règle énoncée par M. L. Cayeux ([2]) suivant laquelle le façonnement éolien est fonction, entre autres, du volume.

Il y eut donc bien, sur le continent sidérolithique éocène à l'emplacement du Jura, un épisode désertique des plus nets; et l'usure avancée des grains éoliens atteste l'étendue de cette aire de vannage.

PHYSIQUE TERRESTRE. — *Causes des oscillations de longue période des niveaux moyens annuels (N.M.A.) à Brest et sur les côtes de la Mer du Nord.* Note ([1]) de M. **Jean Legrand**, présentée par M. Georges Perrier.

MM. Ch. Lallemand et E. Prévot, signalant la marche ascendante du tracé des N. M. A. à Brest entre 1870 et 1920, ont préféré à l'hypothèse d'un lent affaissement du continent celle de marées très lentes dues à

([2]) *XIVe Congrès géol. internat. Madrid*, 1926 (*Comptes rendus des Séances*, p. 783).

([1]) Séance du 2 novembre 1938.

des causes astronomiques (²). Les périodicités de ces causes leur semblaient pouvoir être retrouvées dans les composantes sinusoïdales du tracé en question.

En dehors de l'amplification non expliquée des amplitudes calculées astronomiquement, j'ai montré que les différences de phases entre le phénomène céleste et l'élément de même période du tracé étaient très considérables et de nature à faire douter de l'existence d'une corrélation directe (³). Pour le cas de l'activité solaire (cycle des taches), j'ai suggéré que ses paroxysmes influençaient d'abord les calottes polaires et qu'il pouvait s'écouler plusieurs années avant qu'un afflux d'eaux froides vînt à portée du marégraphe de Brest (⁴). Si le relief sous-marin permet plusieurs itinéraires, l'afflux se partageant entre eux déterminera plusieurs ondes undécennales, et les divers procédés d'analyse n'en feront connaître que la résultante, dépourvue de réalité physique. Par une méthode nouvelle, j'ai établi la possibilité de retrouver le rythme des maxima ou des minima du tracé de Brest en faisant usage d'ondes undécennales multiples (⁵). Pour apprécier la validité de ces considérations, il était nécessaire de tenter de mettre en parallèle la température moyenne et le niveau moyen de l'Océan, soit à Brest, soit dans les ports dont les N. M. A. oscilleraient en concordance avec Brest.

Or l'hypothèse de l'affaissement lent de la côte a été formulée en Allemagne, les tracés N. M. A. ayant tous une allure ascendante depuis 1850 environ et peut-être même 1820 (⁶). Il avait été démontré que ni la direction moyenne ni l'intensité des vents dominants ne pouvaient être rendues responsables, et que la pression barométrique moyenne annuelle n'avait pas diminué constamment. Ce sont les deux facteurs du climat local qui produisent les hautes mers anormales déjouant les prévisions des hydrographes.

Je n'ai pas trouvé trace de recherches sur l'influence de la température moyenne de la mer, capable en cas de réchauffement graduel, de produire

(²) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1345.
(³) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 509.
(⁴) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 573.
(⁵) *Bulletin géodésique*, nº 56, 1937, p. 267-270.
(⁶) *Neuere Untersuchungen zum Frage der Küstensenkung*, par E. Rietschel, dans *Deutsche Wasserwirtschaft*, 1933, 5, cité par Karl Lüders, dans son article *Über das Ansteigen der Wasserstände an der Deutschen Nordsee Küste,* dans *Zentralblatt der Baüverwaltung*, 56, fasc. 50, 1936, p. 1386-89.

une ascension du N.M.A. par rapport à la côte, explication que je propose ici.

Otto Meissner avait caractérisé cette ascension en construisant les moyennes chevauchantes par cinq années des N.M.A, appliquées à l'année médiane de chaque groupe, entre 1856 et 1917, pour un port de la Baltique et deux ports de la Mer du Nord. J'ai calculé les mêmes moyennes pour Brest sur les données que je tiens du Service hydrographique de la Marine française. J'ai constaté la concordance entre le tracé de Brest et ceux de ces ports allemands. Le Service néerlandais fait observer régulièrement les températures en surface à bord de quatre bateaux-feux. Les températures moyennes calculées entre 1882 et 1910 ont été publiées ([7]). Les portant en graphique j'ai pu vérifier le bon accord de ces quatres stations. Celle du Terschelling Bank m'a fourni les moyennes chevauchantes de températures de surface que j'ai prolongées jusqu'en 1915 grâce aux publications du Conseil international de Copenhague ([8]).

Il apparaissait donc que la mer se réchauffait à Terschelling suivant des vicissitudes retrouvées sur les N. M. A. de Brest et des ports allemands. Il devait en être de même des ports de Hollande. Grâce à l'intervention de notre Service hydrographique, j'ai pu obtenir les N. M. A. de Katwijk et Ijmuiden et compléter en conséquence les tracés. Les oscillations des N. M. A. de ces deux ports concordent bien avec les oscillations des températures moyennes de la mer en surface dans leur voisinage. Enfin le *Bulletin hydrographique* annuel du Conseil permanent international pour l'exploration de la mer, édité à Copenhague, m'a fourni les éléments du tracé des températures déduites des observations du bateau-feu allemand *Horns Rev* à la limite des eaux danoises ; elles cadrent avec les tracés de Terschelling. Les données d'une station faite dans son voisinage à bord de vapeurs en service régulier sont en opposition de phase. En le mentionnant, je crois pouvoir l'attribuer à une erreur de signes des anomalies de températures par rapport à la moyenne générale de cette station dans la publication consultée.

Les températures en surface à l'entrée de la Manche et dans la Manche sont notées par des observateurs britanniques depuis 1904. Grâce à

([7]) *Étude des phénomènes de marées sur les côtes néerlandaises*, par VAN DEN STORK, Publication n° 90 de l'*Institut météorologique hollandais*, 1904.

([8]) *Variations de la température de l'eau de surface de la Mer du Nord pendant les années* 1905-1914, chez A. F. Höst, Copenhague, 1922.

M. Le Danois, directeur de l'Office technique et scientifique des Pêches, j'ai obtenu communication du résumé de ces observations dressé par M. J. R. Lumby jusqu'en 1927 et qui donne aussi les salinités, ce qui m'a permis de passer aux densités en utilisant un abaque dû à notre Service hydrographique et basé sur les formules de Knudsen. J'ai prolongé la suite de données jusqu'en 1936 en dépouillant le Bulletin de Copenhague précité. Je me contenterai aujourd'hui d'indiquer que ces matériaux ne démentent pas mon explication.

En résumé, je crois avoir démontré que l'affaissement du continent n'est qu'apparent. Tous les auteurs cités plus haut ont d'ailleurs remarqué qu'il avait pris fin, au moins temporairement; Ch. Lallemand et E. Prévot ont même annoncé qu'il s'agissait d'un cycle séculaire.

Cette apparence est due, selon moi, à un réchauffement lent et prolongé qui s'est fait sentir jusque dans l'Océan Polaire (comparaison des observations de Nansen et de l'Expédition russe de 1937).

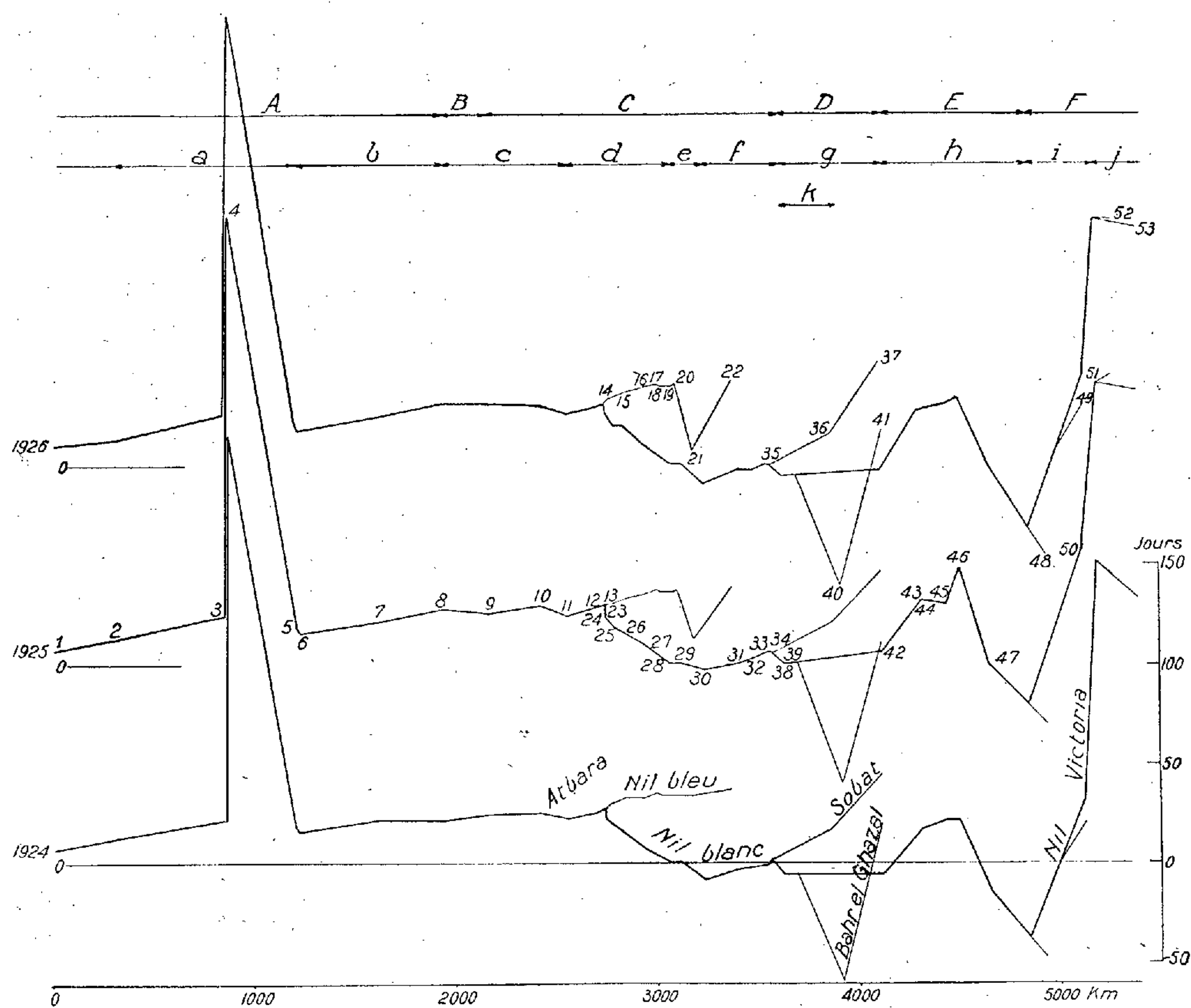
HYDROLOGIE. — *La composante annuelle des niveaux du Nil.* Note (¹) de Mlle **Aimée Péreau**.

Les données utilisées pour cette étude proviennent de *The Nile Basin* de H. E. Hurst et P. Phillips. Les moyennes mensuelles de 53 stations y sont suffisamment continues pour qu'il ait été possible d'en extraire la composante annuelle. La méthode de calcul appliquée est celle de M. H. Labrouste et la combinaison multiple employée est $S_1\ S_2\ Z_2\ Z_3(s_1)_{12/2}$. La composante dégagée pour les années 1924, 1925 et 1926 a une amplitude très régulière. Elle atteint, suivant les stations, de 71 à 99 pour 100 de la variation totale des niveaux mensuels entre Tonga et El Leisi. Dans la région montagneuse équatoriale elle est plus faible et atteint de 17 à 40 pour 100 seulement. Cet affaiblissement indique que le Nil près de ses sources est plus sensible aux variations de la pluie, tandis qu'en aval l'action des emmagasinements efface les pointes de ruissellement.

La phase réalisée aux différentes stations est représentée sur la figure. On y distingue l'existence de cinq régimes différents qui sont, d'aval en amont : A régime d'écoulement dans un canal. B régime influencé par les pluies locales. C régime influencé par l'Atbara, le Nil blanc et le Sobat.

(¹) Séance du 7 novembre 1938.

D régime des marais. E régime influencé par les petits affluents. F régime



Les numéros des stations correspondent à ceux des profils. Entre parenthèses la phase (exprimée en jours) réalisée en juillet 1924.

1, El Leïsi (6); 2, Asyut (12); 3, Assouan (21); 4, Assouan-réservoir (214); 5, Wadi Halfa (18); 6, Seconde cataracte (15); 7, Aargo (21); 8, Merowe (21); 9, Abu Hamed (24); 10, Atbara (25); 11, Shendi (22); 12, Tamaniat (25); 13, Khartoum (27); 14, Soba (30); 15, Kamlin (33); 16, Wad Medani (33); 17, Hag Abdulla (35); 18, Wad el Haddad (34); 19, Sennar (34); 20, Makwar (34); 21, Singa (34); 22, Roseires (37); 23, Mogren (22); 24, Gordon's tree (23); 25, Gebel Aulia (18); 26, Geteina (15); 27, Dueim (6); 28, Rabak (0); 29, Jebelein (0); 30, Renk (—9); 31, Melut (—3); 32, Kodok (—2); 33, Malakal (—1); 34, Taufiqiya (2); 35, Hillet Doleib (2); 36, New Nasser (17); 37, Gambeïla (45); 38, Zeraf Mouth (—6); 39, Tonga (—6); 40, Meshra el Rek (—60); 41, Wau (20); 42, Ghaba Shambe (—6); 43, Bor (15); 44, Malek (17); 45, Mongalla (21); 46, Rejaf (21); 47, Nimule (—15); 48, Butiaba (—48); 49, Lali Pier (21); 50, Namasagali (31); 51, Jinja (152); 52, Entebbe (145); 53, Kisumu (133).

des grands lacs. Une autre caractéristique est que l'écoulement dans le lit principal est influencé d'une manière similaire par tous les affluents.

A chaque confluent se produit une avance de phase qui diminue progressivement aussi bien vers l'aval que vers l'amont. Les profils établis permettent ainsi de *délimiter* les parcours influencés par chacun des affluents et, aussi, par les barrages.

On peut distinguer, d'aval en amont : *a* influence du barrage d'Assouan ; *b* influence d'amont et des particularités du lit ; *c* influence de l'Atbara ; *d* influence du Nil bleu (jusqu'à Rabak sur le Nil blanc) ; *e* régime intermédiaire (entre Rabak et Renk) ; *f* influence du Sobat ; *g* influence de la plaine ; *h* influence des pluies locales et de l'Assour ; *i* influence d'amont ; *j* influence de propagation dans le lac Victoria ; *k* influence du Sobat sur le Bahr-el-Gazal.

L'apport de l'Atbara est d'un effet moins sensible que celui des autres affluents, car son flot paraît être approximativement en phase avec celui du Nil bleu. Le Bahr-el-Gazal a une individualité propre en amont des marais seulement (Meshra-el-Rek). La région des marais, aussi bien sur le Nil blanc que sur le Bahr-el-Gazal, se présente comme un réservoir empli par les eaux dérivées du Sobat et du Nil Victoria. La même influence, produite ici par des facteurs naturels, se retrouve provoquée par l'homme en amont des barrages. La pointe du graphique au droit d'Assouan est comparable à l'arrivée d'un grand affluent. La dépression créée sur le graphique du Nil bleu par le barrage de dérivation de Sennar s'explique par le fait que des quantités importantes d'eau sont soustraites en ce point au profit des irrigations de la Ghezira. Les profils discutés ici donnent deux situations, avant 1924 et après la mise en service du barrage, ce qui permet d'être affirmatif dans leur interprétation.

Enfin une remarque générale peut être faite concernant la rapidité de la propagation de la composante annuelle. Plus elle est grande, moins sont différentes les phases réalisées au même moment aux différentes stations. C'est le cas du Nil en aval de Khartoum. Par contre, dans les régions amont, où l'écoulement dans un lit va vite, mais où l'eau doit remplir de vastes réservoirs de lacs et de marais, la phase présente de grandes différences. La propagation de la composante annuelle s'y fait donc lentement.

On voit, en résumé, que toutes les particularités des profils de cette Note trouvent une explication en accord avec les conditions naturelles et qu'ils apportent une délimitation de chacune des influences.

OCÉANOGRAPHIE. — *Étude de l'influence des courants sur les dépôts marins.* Note [1] de M. **Léopold Berthois**, présentée par M. Lucien Cayeux.

De précédentes recherches sur les sédiments du Plateau continental celte et des mers d'Islande et du Nord [2] ont permis de montrer que les courants marins pouvaient modifier la composition minéralogique centésimale des assemblages de minéraux lourds.

J'ai cherché à compléter ces données en comparant les sédiments du Plateau continental celte et de la mer du Nord [3] à ceux de la Méditerranée occidentale [4].

Nos des Stations.	Analyse granulométrique.			$\frac{P}{p}$.
	Φ_m.	E.	A_m.	
1.	2.	3.	4.	5.
Plateau continental celte et mer du Nord [2].				
803....	0,178	1,297	−0,8	24,4
806....	1,134	1,37	−0,8	40
866....	0,134	1,231	−1	52,6
867....	0,162	1,30	−0,6	19,7
869....	0,145	1,20	−0,6	66,5
872....	0,144	1,177	−1,1	123
874....	0,175	1,098	+1,6	20
Méditerranée occidentale [3].				
301....	0,149	1,60	−0,5	910
302....	0,168	1,59	−0,3	784
303....	0,122	1,30	−0,3	230
304....	0,149	1,31	−0,7	785
305....	0,900	1,38	+0,5	700
308....	0,131	1,41	−0,6	440
310....	0,824	1,51	+0,2	564
Méditerranée occidentale (*suite*).				
318....	0,695	1,76	+0,6	599
319....	0,593	1,70	−0,3	259
320....	0,669	1,64	−0,4	380
325....	0,640	1,81	+0,4	2068
326....	0,611	1,66	−0,5	1235
336....	0,704	1,66	+0,7	1525
339....	0,175	1,38	+0,7	510
346....	0,138	1,42	−0,6	317
348....	0,095	1,43	−0,4	440
354....	0,621	1,56	−0,6	815
359....	0,684	1,73	−0,5	540
362....	0,155	1,57	−0,5	2141
371....	0,152	1,56	−0,6	310
378....	0,755	1,65	+0,4	317
383....	0,147	1,48	−0,8	442

Φ_m diamètre moyen des grains; E écart moyen caractérise le degré de perfection du classement. La valeur minimum de E est égale à 1; A_m indice d'asymétrie positif ou négatif suivant que le classement est moins sélectif pour les grains de diamètre inférieur à la moyenne que pour les grains de diamètre supérieur ou inversement [5]; P/p rapports des poids du plus gros et du plus petit minéral lourd transparent de chaque échantillon.

(1) Séance du 7 novembre 1938.

(2) L. Berthois et J. Furnestin, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1876.

(3) Sédiments dragués par le *Président T. Tissier* en 1936, communiqués par M. J. Furnestin.

(4) Sédiments dragués par le *Pourquoi Pas?* en 1923, communiqués par M. P.-A. Dangeard.

(5) P. Macar, *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, **58**, n° 5, 1935, p. 160.

L'analyse granulométrique des sédiments non décalcifiés a été effectuée en classant les éléments par tamisage et comptage au microscope suivant les dimensions en millimètres : 1,651 ; 1,168 ; 0,833 ; 0,589 ; 0,417 ; 0,295 ; 0,208 ; 0,147 ; 0,104 ; 0,074 ; 0,052 ; 0,037.

Les indices ont été calculés par la méthode de Wentworth (6), mais en utilisant les modifications préconisées par P. Macar (7).

Discussion des résultats. — Les sédiments étudiés du Plateau continental celte et de la mer du Nord possèdent des grains dont les diamètres moyens sont très voisins ($0^{mm},134$ à $0^{mm},178$).

Aux stations 874, 872, 869 les écarts moyens qui varient de 1,098 à 1,20 indiquent un classement remarquable.

Le classement est moins parfait pour les quatre autres échantillons, cependant l'écart moyen est encore faible (1,231 à 1,37).

Les rapports des poids extrêmes des minéraux lourds sont compris entre 19,7 et 66,5 sauf pour la st. 872 où $P/p = 123$. Le classement des minéraux lourds est donc en général bien réalisé.

Les sédiments de la Méditerranée occidentale montrent de grandes variations du diamètre moyen des grains ($0^{mm},095$ st. 348) à ($0^{mm},900$ st. 305).

Les écarts moyens ne possèdent de valeur inférieure à 1,37 que dans les stations 303 et 304 situées au large de Carthagène et Alicante; dans les 20 autres stations les valeurs de E sont comprises entre 1,38 et 1,81, et parmi celles-ci 14 possèdent des écarts moyens supérieurs à 1,50 qui indiquent que les grains sont presque dépourvus de classement.

Les rapports des poids extrêmes des minéraux lourds sont souvent considérables; dans 16 stations, ils sont supérieurs à 400. Il n'existe donc aucune sélection des minéraux lourds.

Conclusions. — Sur le Plateau continental celte et en Mer du Nord où les courants sont nombreux et souvent violents, les grains de P. S. inférieurs à 2,90 sont souvent bien calibrés et parfois remarquablement classés.

Les minéraux lourds portent aussi la marque de cette sélection.

Par contre, en Méditerranée occidentale où les courants sont beaucoup

---

(6) *Bull. Géol. Soc. of Amer.*, 40, 1929, p. 771-790.

(7) *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, 58, I, 1934, p. 22-38.

Les longitudes, latitudes et profondeurs des stations ont été indiquées :

1° L. Berthois et J. Furnestin, *loc. cit.*

2° L. Dangeard. *Ann. de l'Inst. Océan.*, 6, fasc. 1, 1928, p. 293, 23 fig.

moins nombreux, les grains de P. S. inférieurs à 2,90 sont mal calibrés et le plus souvent dépourvus de classement.

Les minéraux lourds ne présentent aucune trace de sélection.

Mais le classement constaté dans les sables du Plateau continental celte et de la Mer du Nord ne peut s'effectuer sans entraîner une modification de la composition minéralogique centésimale du sédiment et par conséquent, il ne me semble pas possible d'attribuer à celle-ci la valeur que lui confèrent MM. Edelman ([8]) et Baak ([9]) dans leurs recherches.

BOTANIQUE. — *Sur les pyrénoïdes des Algues.*
Note de M. **Marius Chadefaud**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Selon les figures publiées par Zimmermann (1924), le pyrénoïde des *Prasinocladus* se compose des parties suivantes : *a.* un système de deux *centrioles pyrénoïdiens*, granules sidérophiles à aspect de centrosomes, réunis entre eux par une desmose; *b.* une masse sphérique chromophobe (peu sidérophile) suspendue à l'un de ces centrioles; *c.* une masse chromophile (très sidérophile) en forme de ménisque à bords minces, enveloppant la masse chromophobe du côté opposé au centriole; *d.* une enveloppe amylacée, également en forme de ménisque, enveloppant à son tour la masse chromophile. La masse chromophobe correspond à ce que j'ai désigné dans des publications antérieures (1935) sous le nom de *pyrénophore*, et la masse chromophile à ce que j'appelle dans les mêmes publications le système des *pyrénosomes*, constituant la partie essentielle du pyrénoïde, généralement seule reconnue par les auteurs.

Mes observations me permettent aujourd'hui d'affirmer que les mêmes parties, et en particulier les centrioles pyrénoïdiens, se retrouvent chez des formes phylogénétiquement très différentes les unes des autres, ce qui peut permettre de penser qu'on les observera un jour chez toutes les espèces.

Chez *Anadyomene stellata*, le centriole est extrêmement net. Il m'a paru unique, sans desmose. Il est logé dans l'un des pôles de la masse sphérique chromophobe. La masse chromophile, en forme de ménisque très épais au centre, enveloppe la partie chromophobe du côté opposé; elle est formée

([8]) *Petrologische provincies in het Nederlandsche Kwatair* (*Thèse*, Amsterdam, 1933; 104 p., 8 fig.).

([9]) *Regional petrology of the Southern North Sea* (*Thèse*, Wageningen, 1936, 127 p., 8 fig., 1 carte hors texte).

de deux pyrénosomes plan convexes, accolés par leurs faces planes. Le tout est enveloppé dans une épaisse coque amylacée bivalve.

Chez certains *Stigeoclonium*, les pyrénoïdes semblent avoir à peu près la même structure que chez les *Anadyomene*.

Chez *Caulerpa racemosa*, où la coque amylacée de chaque pyrénoïde a l'aspect d'un flacon à goulot très étroit intérieurement et à cavité ventrale sphéro-conique, un centriole peut parfois être distingué dans l'orifice du goulot. Il est relié, par un tractus logé dans la lumière du goulot, à la masse chromophobe, qui occupe la partie conique de la cavité ventrale, tandis que la masse chromophile, globuleuse, en remplit la partie sphérique. Il y a parfois deux goulots diamétralement opposés; il y a alors deux masses chromophobes, deux tractus et deux centrioles.

Chez *Eremosphæra viridis*, la coque amylacée est extrêmement épaisse, tandis que le pyrénoïde lui-même est très petit. Il se compose d'une masse chromophobe, dans laquelle sont logées des masses chromophiles, généralement au nombre de deux, mais pas toujours bien distinctes l'une de l'autre. De très fins tractus, d'ordinaire deux, partent du pyrénoïde, traversent la coque d'amidon, et aboutissent, sur la surface externe de celle-ci, chacun à un centriole très sidérophile, facile à voir. Un fait important est que centriole et tractus paraissent pouvoir se multiplier par division : on trouve en effet assez souvent des centrioles et des tractus géminés. De plus, il peut y avoir plusieurs pyrénoïdes dans la même enveloppe d'amidon, et il semble bien que cela puisse résulter de divisions de l'unique pyrénoïde initial.

Enfin, chez les Phéophycées, dont les pyrénoïdes ont cependant un aspect bien différent de ceux des Algues vertes, puisqu'ils sont dépourvus de coque amylacée, et suspendus aux chromatophores, au lieu d'être inclus dans ceux-ci, les mêmes constituants se retrouvent encore. Chez *Ectocarpus siliculosus*, M. Knight (1929) avait déjà observé que le pyrénoïde proprement dit est rattaché par un cordon plasmatique à une zone différenciée du corps du chromatophore, où se trouve un grain sidérophile entouré d'une zone claire. D'après les figures de cet auteur, le pyrénoïde proprement dit paraît se composer d'un ménisque chromophile entourant une masse chromophobe, et le cordon plasmatique serait le lien réunissant cette masse au centriole, représenté par le grain sidérophile. Chez *Ectocarpus confervoides*, j'ai pareillement observé que le pyrénoïde proprement dit se compose d'un ménisque chromophile coiffant une masse chromophobe, laquelle se rattache à un point du chromatophore où l'on distingue parfois un centriole parfois distinct.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur divers aspects de la dépense azotée dans l'occlusion intestinale expérimentale chez le chien.* Note de MM. **René Fontaine**, **Raymond Guillemet**, **Paul Mandel** et **Pius Branzeu**, présentée par M. Richard Fosse.

Dans les nombreuses recherches relatives à l'occlusion intestinale expérimentale par obstruction mécanique du grêle, les essais entrepris pour déceler la présence de substances toxiques n'ont pas abouti ([1]). D'autre part ni la mise en évidence de diverses formes de protides dégradés, ni l'abaissement de la chlorémie, pas plus que l'accroissement de l'urémie, ne semblent expliquer dans la plupart des cas la mort des animaux en quelques jours.

Dans le but de tirer indirectement quelques indications quant à la nature et au mécanisme des phénomènes précédant la mort par occlusion pure ([2]), nous avons entrepris une étude comparative de l'ensemble de l'excrétion azotée avant et après obstruction de l'intestin, soit en amenant les sujets en expérience au minimum de leur dépense azotée endogène ([3]), soit en les maintenant au jeûne complet. Nous avons paré à toute déshydratation du milieu intérieur par ingestion ou injection d'eau salée.

Les obstructions ont été pratiquées à la partie terminale de l'iléon, à une vingtaine de centimètres de la valvule de Bauhin, en évitant toute strangulation, par section de l'intestin entre deux clamps et enfouissement des deux bouts; l'autopsie a confirmé dans tous les cas l'absence de péritonite et de lésion pariétale de l'intestin. Le liquide d'épanchement intrapéritonéal que nous avons pu parfois recueillir contenait d'ailleurs des quantités de chlore et de corps azotés voisines de celles que renferme le sérum sanguin.

Dans ces conditions, nous avons assisté à *une augmentation de la dépense azotée endogène globale qui prend une valeur double, voire triple de la valeur normale*. La même constatation a été faite au cours du jeûne hydrique, mais elle est moins apparente dans ce cas en raison de la valeur relative importante et constante de la dépense azotée servant à la couverture des besoins énergétiques. Si l'on examine les divers postes de l'excrétion azotée,

---

([1]) J. Bottin, *Revue belge des Sciences médicales*, 4, 1932, p. 1-75. Abondante bibliographie des travaux antérieurs.

([2]) En l'absence de toute péritonite.

([3]) Suivant la technique appliquée sur une grande échelle par E. F. Terroine et ses élèves. Consulter notamment *Bull. Soc. Chim. biol.*, 18, 1936, p. 665-686.

on s'aperçoit que les proportions relatives des différents représentants du catabolisme des protides (urée, ammoniac et acides animés) n'ont pas varié : *le coefficient d'oxydation protidique est resté le même*. En ce qui concerne la créatine, si l'on excepte quelques anomalies immédiatement postopératoires, les quantités trouvées dans l'urine restent sensiblement ce qu'elles étaient avant l'occlusion; l'élimination de la créatinine n'a pas varié.

Il n'en va pas ainsi de l'excrétion des purines et de leurs dérivés : alors que l'azote de l'ensemble des purines augmente davantage, proportionnellement, que l'azote total urinaire, l'azote allantoïque ([4]) conserve sa valeur préopératoire ou même baisse, *le coefficient d'oxydation purique étant de ce fait notablement diminué*. Une analyse des constituants puriques ([5]) nous a montré qu'à côté des bases xantiques l'urine des chiens opérés renferme *beaucoup plus d'adénine* ([6]) que l'urine normale : jusqu'à 15 et 25 pour 100 des purines totales. En ce qui concerne la guanine il est difficile de conclure. Par contre, nous avons trouvé de notables quantités *d'acide urique*, en particulier dans l'urine des 60 heures qui ont suivi l'occlusion chez un jeune chien.

Dans le but d'examiner l'effet des aminopurines sur les animaux normaux, nous avons administré à des chiens de 10^{kg}, jusqu'à 500^{mg} d'adénine ou de guanine en 24 heures, par voie intra-veineuse ou sous-cutanée. L'élimination urinaire de l'ensemble des bases du groupe de la guanine (guanine, oxyadénine, épiguanine, etc.) n'est augmentée que de manière inconstante, ainsi que celle de l'acide urique. L'accroissement plus fréquent de l'excrétion d'adénine est loin d'atteindre les taux observés dans les cas d'occlusion. Par ailleurs l'excrétion de l'allantoïne n'est pas changée, l'azote purique total est quelquefois augmenté et l'azote total urinaire n'est pas ou presque pas influencé.

D'autre part, nous avons également administré les mêmes doses d'adénine à un chien après obstruction intestinale et avons assisté à une augmentation de l'*élimination d'adénine et d'acide urique beaucoup plus grande que chez les animaux normaux* soumis au même traitement.

Parmi les hypothèses que suggère l'ensemble de ces faits expérimentaux, on pourrait supposer qu'interviennent des actions singulières (bactériennes

---

([4]) Dosé par la méthode de Fosse.

([5]) Les résultats complets de nos essais paraîtront dans un autre Recueil. C'est l'examen du rapport azote/cuivre dans le précipité cuivreux de récupération des bases puriques qui nous a amenés à entreprendre une analyse plus détaillée.

([6]) Dosée par précipitation picrique.

ou autres) dans la décomposition des cellules de desquamatiou de la paroi intestinale, mais cela est peu probable car l'abondant liquide de vomissement des animaux ne contient que des quantités de purines totales et d'aminopurines négligeables à côté de celles que renferme l'urine. Nous sommes plutôt enclins à admettre une déviation du catabolisme des nucléoprotéides de l'organisme, résidant en une incapacité partielle de désamination et d'oxydation, le nucléotide libérant une aminopurine au lieu d'une base xanthique, alors que l'acide urique provenant de ces dernières n'est que difficilement transformé en allantoine. Et ceci ne serait d'ailleurs nullement en désaccord avec la production initiale de substances toxiques, véritables causes du phénomène. Nos recherches continuent.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action du zinc sur les effets de la testostérone et des prolans*. Note ([1]) de MM. **Ach. Urbain**, **R. Cahen**, Mlle **M. A. Pasquier** et M. **J. Nouvel**, présentée par M. Charles Achard.

L'un de nous ([2]) a montré que le zinc est susceptible à dose convenable de renforcer l'action œstrogène de la folliculine chez la rate ovariectomisée. On pouvait se demander si le zinc était susceptible de produire un tel effet vis-à-vis des autres hormones.

La présente Note a pour objet l'étude de l'action modificatrice du zinc, d'une part vis-à-vis des prolans sur le rat mâle castré, d'autre part vis-à-vis des prolans sur le rat mâle et femelle impubères.

1. *Action modificatrice du zinc vis-à-vis de la testostérone.* — Les essais ont été réalisés sur 18 séries comprenant 72 rats mâles castrés avant maturité sexuelle.

Pour chacune des expériences les rats de même souche étaient divisés en trois lots. Le premier servait de lot témoin, le deuxième recevait par voie hypodermique une solution huileuse de propionate de testostérone à des doses variant de 16^{γ} à 80^{γ} par 100^{g}, administrées en quatre jours. Au troisième lot on ajoutait une quantité de zinc (sous forme de sulfate) de $0^{mg},60$ à 6^{mg} pour 100^{g} et en quatre jours.

Deux jours après la dernière injection, c'est-à-dire le sixième jour de l'expérience, les rats étaient sacrifiés et l'activité masculinisante du propionate de testostérone était évaluée par pesée à la microbalance de l'ensemble vésicules séminales et prostate, préalablement disséqué et fixé

([1]) Séance du 7 novembre 1938.

([2]) Raymond Cahen et Mme Andrée Tronchon, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1409.

au Bouin pendant 24 heures, technique bien éprouvée au laboratoire ([3]).

Les expériences ont montré que, pour une dose de 16^{γ}, l'addition de 3^{mg} de zinc augmente de 60 pour 100 l'effet de la testostérone, pour 40^{γ} l'addition de 3^{mg} de zinc renforce de 115 pour 100 l'activité de l'hormone employée seule. L'addition à 80^{γ} de $0^{mg},60$, $0^{mg},64$, $0^{mg},916$ de zinc, n'exerce qu'une modification peu appréciable. Au contraire l'addition de 6^{mg} de zinc à cette même dose de propionate de testostérone en renforce l'effet de 20 pour 100.

2. *Action modificatrice du zinc vis-à-vis des prolans.* — En 1934 Maxwell ([4]) avait observé que le zinc renforce l'activité gonadotrope d'un extrait préhypophysaire et des produits retirés de l'urine de femme enceinte. Nous avons repris ces expériences avec un prolan pur en utilisant des techniques très sensibles sur le rat impubère mâle et femelle.

a. Action sur le rat mâle impubère. — Les expériences ont été réalisées sur 50 rats mâles âgés de 21 jours, répartis en 11 séries de même souche.

Comme précédemment, l'action de l'association prolan + sel de zinc a été mesurée par l'accroissement du poids de la prostate et des vésicules séminales comparativement au poids de ces mêmes organes chez des animaux ayant reçu du prolan seulement, ou n'ayant rien reçu du tout.

Les résultats sont les suivants :

Le prolan, à la dose de 75^{mg}, additionné de $13^{mg},50$ de zinc, manifeste une activité accrue de 55 pour 100 par rapport au prolan injecté seul. Une même dose de zinc utilisée avec des doses supérieures de prolan (90^{mg}, 105^{mg}) ne modifie pas l'activité de ce produit.

b. Action chez le rat femelle impubère. — L'action du prolan sur les femelles impubères a été mesurée suivant un test plus sensible, l'accroissement de poids de l'utérus ([5]).

Les essais effectués sur 14 séries comprenant 56 animaux ont montré qu'il faut ajouter $13^{mg},50$ de zinc à une dose de $7^{mg},50$ de prolan pour produire une augmentation de l'effet du prolan. Les doses de zinc de $1^{mg},35$, $2^{mg},7$, $4^{mg},05$ sont sans effet sur une même dose ($7^{mg},5$) de prolan.

Conclusions. — 1° Le zinc renforce l'activité gonadotrope de la testostérone et du prolan chez le rat à condition d'être associé à ces produits dans une certaine proportion.

([3]) V. Korenchewsky, *Biochem. Jour.*, **26**, 1922, p. 1300; R. Cahen, *Bull. Sc. Pharm.*, **43**, 1936, p. 24.

([4]) *Amer. Journ. Physiol.*, **110**, 1934, p. 458.

([5]) R. Cahen et P. Ardoint, *C. R. Soc. Biol.*, **123**, 1936, p. 547.

2° Cet effet synergique du zinc vis-à-vis des hormones sexuelles rappelle l'action des ions métalliques dans les phénomènes diastasiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude physicochimique de l'élimination urinaire chez un diabétique dans le fractionnement nycthéméral.* Note de MM. **Jules Chaussin** et **Léon Lescœur**, présentée par M. Charles Achard.

Le sujet M, en traitement à l'Hôpital militaire de Vichy, est soumis au régime alimentaire spécial des diabétiques, sans limitation de quantité.

Dans le nycthémère examiné, les éliminations urinaires émises selon les appels naturels ont été au nombre de huit. Pour les débits des 24 heures, on a trouvé, V 2005^{cm^3}, urée $28^g,25$, chlorures $13^g,91$, glucose $100^g,78$. L'examen du sang a donné R. A. $42^g,5$, glycémie $2^g,37$, urée $0^g,58$.

Pour chacune des éliminations élémentaires du fractionnement nycthéméral on a établi les débits de l'urée, des chlorures, du glucose et du débit moléculaire $V\Delta$ exprimé en millimolécules.

On a calculé les valeurs δu, δcl et δgl au moyen de la formule de Raoult, ce qui a permis d'obtenir $V[\Delta-(\delta cl+\delta gl)]$ débit des molécules élaborées.

On a calculé également les valeurs $\delta u/\Delta$, $\delta cl/\Delta$, $\delta gl/\Delta$ fixant les rapports des pressions osmotiques de l'urée, des chlorures et du glucose à la pression osmotique globale de l'urine.

Voici la représentation graphique des résultats :

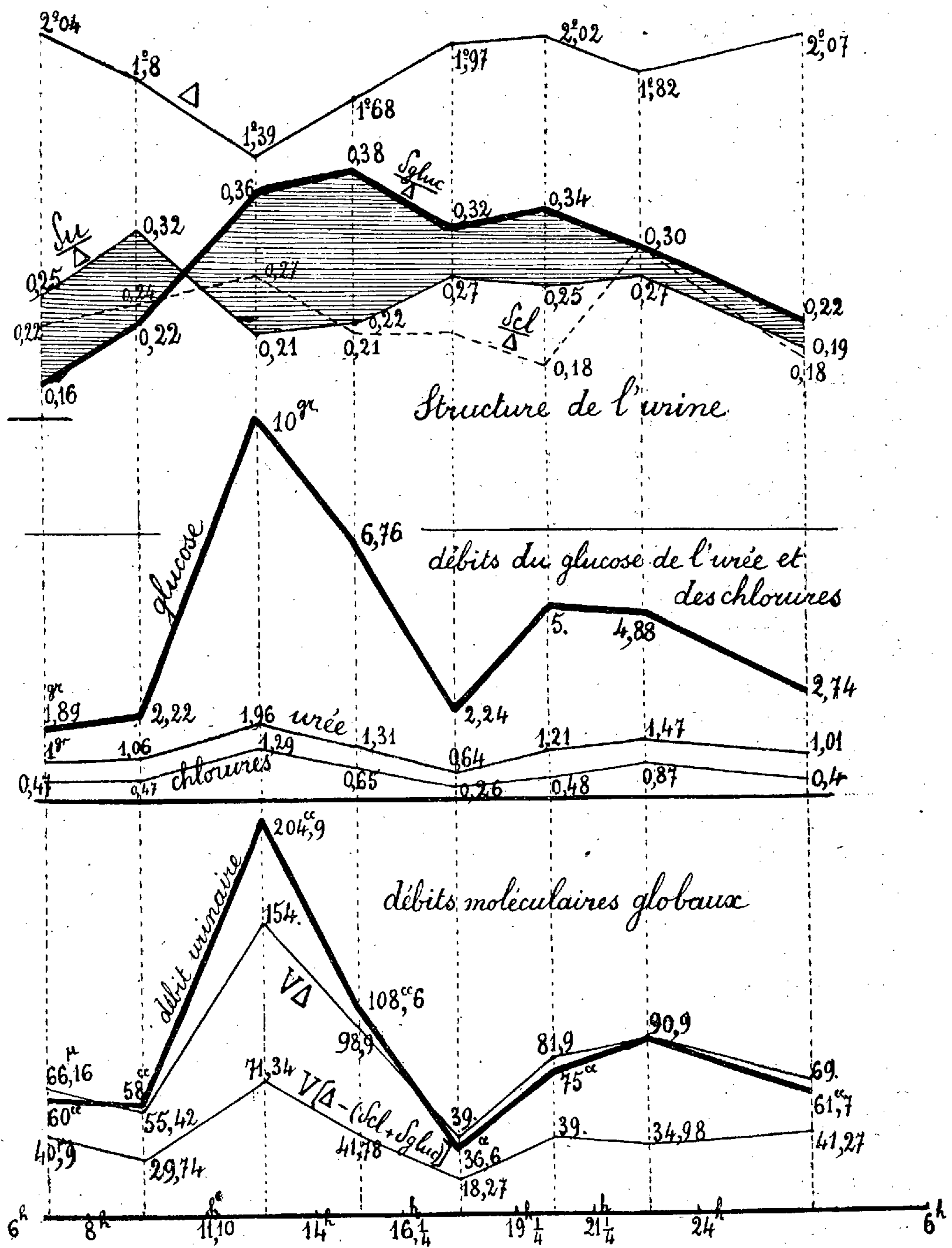
Les travaux antérieurs de l'un de nous (¹) ont établi dans des conditions déterminées, les caractères généraux des éliminations successives, au cours du nycthémère chez l'homme normal.

Examinons comment, chez le diabétique M, ces caractéristiques se trouvent modifiées par l'entrée en jeu dans l'élimination urinaire d'une masse importante de glucose.

Débits. — Le parallélisme constaté chez l'homme normal entre les débits aqueux V, moléculaires global $V\Delta$ et celui des molécules élaborées $V(\Delta-\delta cl)$, est maintenu chez le diabétique, où $V(\Delta-\delta cl)$ est remplacé par $V[\Delta-(\delta cl+\delta gl)]$. (Partie inférieure du graphique ci-après.)

Dans le détail, les variations du débit du glucose témoignent d'une relation étroite avec celles du débit aqueux; pour les débits de l'urée et

(¹) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 273, et **207**, 1938, p. 90.


Structure de l'urine
débits du glucose de l'urée et des chlorures
débits moléculaires globaux
glucose
urée
chlorures
débit urinaire
VΔ

des chlorures, la relation avec les débits aqueux est encore esquissée mais moins serrée; les maxima correspondent aux périodes qui suivent les repas, celui qui suit le repas de 11h est le plus accusé.

Concentrations relatives. — Le jeu des concentrations relatives $\delta u/\Delta\, \delta cl/\Delta\, \delta gl/\Delta$ témoigne dans leurs variations successives d'une perturbation profonde dans la structure nycthémérale de l'urine, relativement à celui qui se manifeste entre l'urée et les chlorures chez l'homme normal.

Les variations de la pression osmotique relative du glucose qui est la substance dominante dans l'urine de ce diabétique ont lieu en sens inverse de celles de la pression osmotique de l'urée (partie supérieure du graphique).

Chez le glucosique M le Δ cryoscopique est élevé (voisin de — 2°); le pouvoir de concentration du rein reste bon et permet d'éliminer 100g de glucose en surcroît sans polyurie excessive (2005cm³), mais en raison de l'importance dominante que prend le glucose dans la structure de l'urine, on peut penser que vu les concentrations globales élevées, il puisse se produire une gêne dans l'élimination de l'urée. Le taux de l'urée dans le sang atteint dans le cas présent 0,58 (urémie légère), le débit de l'urée des 24 heures étant 28g,25 alors que chez un autre diabétique à 30g de sucre seulement, et 39g d'urée, l'urée dans le sang n'est que 0g,35.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Contribution à la connaissance de l'élastoïdine.* Note de MM. **Rudolf Engeland** et **André Bastian**, présentée par M. Paul Langevin.

A plusieurs reprises l'élastoïdine a été l'objet de recherches d'ordre physique et chimique. Le raccourcissement thermique attira notre attention toute particulière. Nous avons essayé de nous faire une représentation des détails de structure de cette intéressante substance. Nous avons commencé par une expérience préliminaire concernant la répartition des acides monoaminés qui se formeraient lors de son hydrolyse acide. Nous avons chauffé à ébullition 130g d'élastoïdine [1] avec 200g d'acide sulfurique concentré et 600g d'eau pendant 66 heures dans un bain d'huile. Nous nous sommes servis du procédé Brazier pour isoler les sels de cuivre de l'hydrolysat. Après les avoir réduits à l'état de poudre, nous les avons soumis à un processus de dessiccation particulièrement soigneux sous le vide sulfurique. Puis on a procédé à l'extraction du mélange des sels de cuivre à l'aide de l'alcool méthylique absolu dans un appareil de Soxhlet. Une

(1) Elastoïdine préparée à partir de *Carcharias Glaucus*, au Laboratoire de M. Fauré-Frémiet (Collège de France).

portion importante entra en dissolution et une masse cristalline, en forme de chou-fleur, extrêmement volumineuse, s'en sépara.

Après une première recristallisation de ces cristaux, on traita le produit à l'hydrogène sulfuré, et l'on en sépara les différents composants. C'est dans ce mélange qu'il a été possible de faire l'identification des acides aminés suivants : glycocolle, alanine, sérine et oxyproline. Cette identification fut faite par l'analyse des sels de cuivre et des acides aminés libres. Pour l'identification de l'oxyproline on s'est aussi servi de l'analyse spectrale de Laue aux rayons X. Le spectre de la substance étudiée était identique à celui de la substance témoin. Nous avons constaté qu'une partie importante des corps obtenus par cristallisation était représentée par un hydrate de carbone azoté. Ce corps ne donna pas la composition d'un hexose, mais d'un heptose, avec les réactions d'une cétose. On doit donc le considérer comme étant un amino-héxose méthylé $C^7H^{15}NO^5$. La méthylation de la substance fut possible au moyen de $(CH^3)^2SO^4$. Le produit obtenu ne donna qu'un aurate chloré résineux. Nous avons trouvé de plus un acide aminé non encore décrit, qui, d'après sa composition et ses qualités, nous paraît être l'acide dioxy-diamino-valérianique. Nous avons d'ailleurs pu isoler cette substance par un autre procédé, adapté aux qualités de celle-ci, en nous servant d'acide phosphotungstique.

Si l'on précipite un hydrolysat d'élastoïdine avec une solution d'acide phosphotungstique, de la manière habituelle, et si l'on sépare tout de suite le précipité du filtrat et qu'on laisse reposer celui-ci pendant deux jours à température basse, il se forme un nouveau précipité cristallin. C'est ce précipité qui nous a permis d'isoler la substance à deux reprises avec un rendement d'environ 1 pour 100 de la substance initiale. L'existence d'une dioxy-ornithine était à prévoir, car dans l'extrait du muscle on trouve la bétaïne correspondante, la *myokynine*.

C'est d'ailleurs en méthylant à fond, que nous avons obtenu cette bétaïne, correspondant par sa composition à cette intéressante substance de l'extrait musculaire. Nous avons analysé son aurate chloré; son point de fusion était de 8° trop élevé; mais on pouvait à peine s'attendre à une concordance des qualités physiques, étant donné que la substance peut se présenter sous plusieurs formes de stéréoisomères, dont probablement quatre corps optiquement actifs. Les expériences dont nous publions aujourd'hui les résultats datent déjà de plus d'un an. Notre intention était d'utiliser ultérieurement la dégradation enzymatique pour isoler les produits de décomposition, mais nous avons rencontré des difficultés inattendues. L'élastoïdine raccourcie à la chaleur se dissout très rapidement dans la pepsine chlorhydrique, mais sa solution résiste fortement à l'action de la trypsine, tandis que la tyrosine s'en sépare très rapidement, apparemment en deux phases. Le liquide surnageant donne encore une

réaction du biuret très marquée après six mois d'action enzymatique; cette réaction devient de plus en plus faible avec le temps.

Nous publions aujourd'hui les résultats essentiels, espérant que nous aurons la possibilité de poursuivre ces recherches.

M. Charbonnière a obtenu les diagrammes de Debye-Scherrer, M. Schwartzkopf a fait quelques-unes des analyses élémentaires nécessaires.

BIOCHIMIE COMPARÉE. — *Sur les phosphatases du système osseux des Poissons (Sélaciens et Téléostéens).* Note de M. **Jean Roche** et Mlle **Erica Bullinger**, présentée par M. Paul Portier.

Un remarquable ensemble de recherches, poursuivies par Robison et ses élèves, a démontré l'existence d'une phosphatase (phosphomonoestérase A_1 de la classification de Folley et Kay) dans le squelette des Mammifères et des Oiseaux et le rôle important joué par cet enzyme dans l'ossification. Il n'est pas possible d'étendre sans contrôle préalable les résultats de ces travaux aux Poissons, dont le système osseux présente de nombreuses particularités (os dermiques et squelette cartilagineux des Sélaciens, écailles des Téléostéens). L'aptitude des vertèbres des Poissons à hydrolyser les glycérophosphates, mise en évidence par Bodansky, M. R. et H. Bakwin [1], ne saurait constituer à cet égard une base de discussion suffisante; nous avons essayé, pour notre part, d'en établir une dans des recherches que cette Note a pour but d'exposer.

Nous avons étudié les caractères de la phosphatase contenue dans les organes osseux des Poissons, tant Sélaciens que Téléostéens, et sa répartition dans le squelette, espérant préciser sa participation éventuelle aux processus de calcification. Il suffit, pour faire ressortir l'intérêt de ce problème de biochimie comparée, de rappeler que, chez les Sélaciens, l'endosquelette est constitué par des pièces cartilagineuses pouvant présenter un revêtement osseux, tandis que l'exosquelette est calcifié (dentinoïde).

Nos expériences ont porté sur quatre espèces de Sélaciens, *Carcharias glaucus* (L.), *Lamna cornubica* (L.), *Scyllorhinus stellaris* (L.) et *Torpedo marmorata* (Risso), et sur sept espèces de Téléostéens, *Arnoglossus laterna* (Artedi), *Congorius vulgaris* (L.), *Labrus berggylta* (Ascanius), *Lophius piscatorius* (L.), *Merluccius merluccius*, *Microchirus variegatus* (Donovan) et *Trigla gurnardus* (L.) [2]. Leurs principaux résultats peuvent être ainsi résumés :

---

(1) O. Bodansky, M. R. Bakwin et H. Bakwin, *J. Biol. Chem.*, 94, 1931, p. 551-560.

(2) Tous les animaux étudiés avaient dépassé les premiers stades de développement.

I. Les os, les dents et les écailles des Sélaciens et des Téléostéens étudiés contiennent tous une même phosphatase, identique par ailleurs à celle du squelette des Mammifères et des Oiseaux. Cette phosphomonoestérase A_1 est caractérisée par un pH optimum d'action à 9,0-9,2 et par un pouvoir hydrolytique plus marqué sur les β que sur les α glycérophosphates; elle est en outre activée par les sels de magnésium (SO^4Mg) à une concentration optima en ceux-ci égale à M/500-M/1000.

II. La phosphatase est présente dans tous les organes osseux des Poissons à un taux beaucoup plus élevé que dans les muscles. Sa répartition dans l'exo- ou l'endosquelette n'est pas uniforme, les dents et les écailles étant toujours beaucoup plus riches en enzyme que les os. Ce fait doit, sans doute, être rattaché à la plus grande intensité des processus de croissance dans les premiers de ces organes. Les dents des Sélaciens sont en effet le siège d'une activité phosphatasique d'autant plus forte qu'elles sont plus jeunes, les ébauches non calcifiées des premières rangées pouvant être à cet égard cent fois plus actives que les dents les plus anciennes.

III. Les parties cartilagineuses des os des Sélaciens (cartilage de Meckel) sont pratiquement dépourvues de pouvoir phosphoestérasique, tandis que leurs parties calcifiées (revêtement externe du maxillaire inférieur) hydrolysent très énergiquement les esters phosphoriques.

IV. La peau des Poissons n'est riche en enzyme que si des écailles y sont implantées. Dans le cas contraire (Congre, Torpille), elle n'en contient que des traces.

Ces faits permettent de considérer la phosphatase (phosphomonoestérase A_1) comme l'un des éléments essentiels du mécanisme présidant à la calcification de l'exo- et de l'endosquelette des Poissons, tant Sélaciens que Téléostéens. Il n'existe donc à cet égard aucune différence entre l'ossification des Poissons et celle des Mammifères ou des Oiseaux. La permanence du squelette cartilagineux chez les Sélaciens ne saurait, dans la mesure où il convient de la rattacher à l'activité enzymatique des os, être reliée à l'absence, mais seulement à la répartition de la phosphatase.

A 16^h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 15^m$.

E. P.

Ils ont été récoltés pendant l'été de l'année 1938 au large de Concarneau et déterminés par M. R. Legendre. Ils constituent un ensemble d'espèces dont le squelette présente des caractères très différents (présence ou absence d'écailles, forme et degré de calcification de celles-ci).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 NOVEMBRE 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Nous avons encore une perte bien cruelle à déplorer : M. **André Blondel**, qui appartenait depuis le 19 mai 1913 à la Division des Académiciens libres, est mort le 15 novembre à Paris.

Il était né à Chaumont (Haute-Marne) le 28 août 1863. Ancien élève de l'École polytechnique, il entra en 1885 dans le Corps des Ponts et Chaussées et fut nommé Ingénieur en 1888, le premier de sa promotion. Il suivit alors, comme il l'a rappelé dans sa *Notice*, les cours de la Sorbonne où il obtint les licences ès sciences mathématiques et physiques. Il aurait préparé une thèse de doctorat si, alors qu'il était en pleine jeunesse et qu'il pouvait regarder l'avenir avec confiance, un mal terrible n'était venu le frapper : il devint brusquement impotent, presque incapable de se mouvoir et fut désormais condamné à garder la chambre et même, pendant longtemps, le lit. Il est resté pendant presque toute sa vie dans cette cruelle situation. C'est seulement pendant ses dernières années qu'il a pu sortir parfois plus librement et même, très rarement il est vrai, venir assister à nos séances. Beaucoup d'entre nous ne l'ont guère vu que chez lui, à l'occasion de leurs visites de candidature. Mais ils n'ont pas oublié l'accueil bienveillant qu'ils recevaient chez ce malade dont le visage était calme et souriant et dont le beau regard reflétait la vive intelligence.

Lorsqu'il avait été ainsi cruellement atteint, André Blondel n'avait pas

perdu courage; il avait délibérément choisi de chercher dans le travail l'oubli de sa déchéance physique et jusqu'à sa mort, pendant une cinquantaine d'années, il n'a cessé de poursuivre inlassablement ses recherches de science pure et ses travaux d'ingénieur. Il faisait faire par d'autres, près de lui, les expériences qu'il ne pouvait faire lui-même; on lui apportait et il faisait essayer en sa présence les instruments nouveaux qu'il ne cessait d'imaginer, et c'est autour de son lit que se sont faits, le plus souvent, les travaux des Commissions dont il faisait partie. Il n'avait guère, pour se reposer de ce labeur incessant, que les visites de quelques amis. En revanche, comme son infirmité le dispensait de bien des occupations qui gaspillent trop souvent le temps des hommes de science, comme il n'a eu jamais à faire aucune démarche (par exemple lorsque plusieurs membres de l'Académie des Sciences le décidèrent à accepter qu'on posât sa candidature dans la Division des Académiciens libres), son travail a été exceptionnellement fructueux. Il s'est prolongé pendant toute cette longue période, ces dernières semaines encore, vous le savez, il nous envoyait comme d'habitude, ses Notes aux *Comptes rendus* qui toujours éclaircissaient des points obscurs ou apportaient des résultats nouveaux.

Je ne puis songer à analyser dans son ensemble cette œuvre considérable. Je dois me borner à quelques exemples.

A sa sortie de l'École des Ponts et Chaussées il avait été attaché au Service Central des Phares; il resta fort longtemps à ce service, jusqu'en 1927; ce fut le point de départ de ses travaux sur la lumière. L'optique industrielle et la photométrie lui sont redevables de formules et de méthodes pour le calcul et la mesure de la puissance des grands appareils d'optique, d'un système de grandeurs et d'unités sanctionné par le Congrès international de Genève en 1896 où il avait introduit, de la manière la plus heureuse, la considération du *flux lumineux*. Cette notion est particulièrement importante puisque ce flux qui se propage dans un faisceau de rayons est proportionnel au flux d'énergie rayonnante, le coefficient de proportionnalité dépendant de la distribution spectrale de cette énergie. Le *lumenmètre* de Blondel a été le premier instrument propre à mesurer ce flux lumineux : André Blondel s'en est servi lui-même dans ses recherches sur le rendement des arcs électriques qui l'ont conduit à réaliser dans le domaine de l'éclairage, particulièrement en ce qui concerne les *arcs à flammes*, des progrès très importants.

Les lois relatives à la perception des *lumières brèves* et à la *portée des signaux lumineux* ont été également l'objet de ses études attentives; il en a

fait une bonne part en collaboration avec son ami, notre regretté confrère Jean Rey. L'éclairage de nos côtes a grandement bénéficié des perfectionnements apportés par M. Blondel à la construction des phares.

Chargé d'étudier la production et l'emploi des arcs à courants alternatifs pour ces phares, il a été amené bien vite à constater l'insuffisance des connaissances que l'on avait alors sur ces courants, et à réaliser les instruments nécessaires pour leur étude précise. C'est ce qui l'a conduit à imaginer un instrument entièrement nouveau, l'*oscillographe*, caractérisé par l'emploi d'équipages galvanométriques à période extrêmement courte. Cet instrument, que Blondel n'a cessé de perfectionner, a eu un très grand succès dans le monde entier, son oscillographe à fer doux et bifilaire a remporté le premier prix à l'Exposition de Saint-Louis en 1904.

En 1893, Blondel avait été chargé quelque temps, à l'École des Mines, de la suppléance de Potier (dont il devait plus tard publier les Œuvres), mais il fut bien vite chargé, à l'École des Ponts et Chaussées, d'organiser à cette école l'enseignement de l'Électrotechnique. C'est ce qui le conduisit à élucider les théories encore obscures de diverses machines industrielles à courants alternatifs. Utilisant à la fois l'analyse et l'emploi de la représentation vectorielle des fonctions sinusoïdales, qui venait d'être introduite en électrotechnique par Blakesley, il a pu apporter dans la théorie de presque toutes ces machines des solutions nouvelles. Au dernier Congrès international d'Électricité, tenu à Paris en 1932, M. Clarence Feldmann, chargé du rapport sur le développement de la connaissance des machines électriques, a souligné l'importance de ces travaux et l'élégance des solutions. On peut citer particulièrement la représentation géométrique nouvelle (le diagramme bipolaire) qu'il a créée pour l'étude des alternateurs, moteurs, commutatrices etc., et la théorie *des deux réactions* qu'il a créée pour l'étude des alternateurs polyphasés, et qui établit un lien direct entre ces machines et les machines à courant continu. Les méthodes de M. Blondel ont trouvé de nombreuses applications dans l'industrie, ainsi que ses procédés de calcul des lignes électriques.

Je voudrais encore rappeler la théorie qu'il a donnée des *oscillations des alternateurs accouplés* et, parmi ses nombreux travaux sur les ondes électriques, souligner que Blondel eut le premier l'idée d'appliquer les propriétés d'un cadre récepteur fermé et mobile à la détermination du gisement d'un navire ou de tout autre objet, ce qui est le principe de la *radiogoniométrie;* que c'est sur son initiative, et d'après ses plans qu'ont été réalisés les premiers phares hertziens ou *radiophares*, si précieux pour la navigation,

enfin qu'il a indiqué dès 1902 le principe de la *téléphonie sans fil* par variation d'amplitude des ondes entretenues.

André Blondel a pu, avant de mourir, avoir la satisfaction de constater qu'un projet auquel il avait beaucoup travaillé allait enfin être réalisé. C'est dès 1904 que fut établi le projet (de Blondel, Harlé et Mahl) du transport à Paris de l'énergie du Haut Rhône. Ce projet paraissait alors très hardi, à cause de la tension très élevée nécessitée par la longueur de la ligne; il aurait été exécuté aussitôt, si des lenteurs administratives et l'opposition irréfléchie d'un département n'avaient soulevé des difficultés. C'est pour cette seule raison que les premières distributions d'énergie électrique à grande distance et à haute tension ont été faites ailleurs qu'en France.

J'exprime à la famille de notre Confrère, qui fut à la fois un savant et un ingénieur éminent, nos sentiments de profonde sympathie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Teneur en méthoxyle des tissus lignifiés.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Georges Brooks**.

Tandis que les membranes cellulaires des tissus pectiques [1] sont imprégnées de pectose et de pectine, composés dans lesquels existent des groupements $-COO.CH^3$ d'esters méthyliques, celles des tissus lignifiés sont envahies par le lignol et la vasculose dans lesquels se trouvent des groupements $-CO.CH^3$ d'éthers phénylméthyliques.

L'étude de la présence et des variations quantitatives des esters et des éthers méthyliques dans les tissus végétaux n'a pas seulement un intérêt théorique, elle présente aussi une certaine importance dans plusieurs fabrications industrielles, en particulier dans celles de l'alcool de bois, du méthylène, de la créosote etc. On sait, notamment depuis les travaux de Béhal et de Choay, que le gaïacol ou méthylpyrocatéchol $C^6H^4\langle{}^{OH}_{OCH^3}$ est un des principaux constituants de la créosote obtenue par distillation pyrogénée du bois [2].

D'autre part, les dosages de l'alcool méthylique et, mieux encore, celui

(1) G. Bertrand, *Ann. Off. nat. Comb. liq.*, **11**, II, 1936, p. 191.

(2) *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, **11**, 1894, p. 532 et 939; *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 293.

de l'iodure de méthyle sont devenus réalisables avec une bonne précision et peuvent servir au contrôle d'origine ou de pureté de nombreuses substances végétales, principalement des celluloses brutes. Pour ces diverses raisons, nous avons entrepris la détermination quantitative du radical — CH^3 dans les bois et dans les diverses substances dont nous avons déjà fait connaître la composition à d'autres points de vue ([3]).

Nous avons utilisé la méthode la plus générale, celle qui est basée sur la transformation des groupes méthylique et oxyméthylique en iodure de méthyle par distillation avec un excès d'acide iodhydrique concentré. L'iodure organique produit est dirigé dans une solution alcoolique de nitrate d'argent; il se précipite une combinaison d'iodure et de nitrate argentiques de la formule $IAg.2NO^3Ag$ que l'on dissocie en ses composants par ébullition avec de l'eau. On recueille l'iodure d'argent, on le pèse et on calcule, selon les besoins, en — CH^3 ou en — OCH^3. C'est le principe de la méthode proposée par Zeisel en 1885 pour doser les groupements — OCH^3 dans les substances organiques ([4]) et employée pour le même dosage dans quelques échantillons de bois, d'abord en Allemagne par Benedict et Bamberger ([5]), puis aux États-Unis par A. Wheeler ([6]), par R. Rose et M. Lisse ([7]), par A. Schorger ([8]) et par W. Dore ([9]). En Angleterre, Cross et Bevan l'ont appliquée à la fibre de jute (*Cellulose*, 1916, p. 93).

La méthode de Zeisel est simple dans son principe, mais elle demande des soins particuliers dans son application. Il faut, en premier lieu, éviter tout entraînement de gaz acide iodhydrique qui, réagissant sur le nitrate métallique, augmenterait le poids du précipité et donnerait un dosage trop fort. Il faut, par contre, obtenir une production totale de l'iodure de méthyle, sinon le dosage serait trop bas. Or l'attaque de certaines substances organiques par l'acide iodhydrique est difficile, et ceci est le cas, en particulier, avec les bois et les tissus fortement lignifiés.

A l'aide d'un appareil que nous avons fait construire à cet usage et d'un

---

([3]) G. Bertrand et G. Brooks, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 162; *Ann. Off. nat. Comb. liq.*, **12**, I, 1937, p. 7; **12**, V, 1937, p. 905.

([4]) *Monatsh. f. Chemie*, **6**, 1885, p. 909; **7**, 1886, p. 406.

([5]) *Ibid.*, **11**, 1890, p. 260.

([6]) *Ber. d. chem. Ges.*, **38**, 1905, p. 2168.

([7]) *Ind. Eng. Chem.*, **9**, 1917, p. 284.

([8]) *Ibid.*, **9**, 1917, p. 556 et 561.

([9]) *Ibid.*, **12**, 1920, p. 472 et 476.

mode opératoire que notre expérience nous a permis de mettre au point ([10]), nous avons déterminé la teneur en méthoxyle de presque tous les échantillons de bois et d'autres substances examinés dans les publications précédentes ([1]) ([2]). Les résultats obtenus sont présentés en deux tableaux dans le même ordre que ceux relatifs aux autres déterminations. Les noms français figurent seuls, cette fois, pour gagner de la place.

TABLEAU I.

Nom des bois.	Méthoxyle pour 100 de matières sèches. Tronc.	Branche.	Nom des bois.	Méthoxyle pour 100 de matières sèches. Tronc.	Branche.
Tilleul	4,59	3,45	Peuplier	3,74	
Érable champêtre	6,70	5,12	Tremble	4,18	5,60
Érable sycomore	4,96		Aulne	3,23	5,98
Frêne	3,10	3,87	Bouleau	4,54	5,03
Charme	3,28	4,72	Epicéa	1,90	4,97
Châtaignier	4,97	6,04	Mélèze	6,02	7,21
Chêne pédonculé	5,08	5,44	Pin maritime	3,06	4,02
Chêne rouvre	5,10	5,26	Pin sylvestre	3,23	5,94
Hêtre	4,89	5,69	Sapin pectiné	3,15	5,70

TABLEAU II.

Désignation des échantillons.	Méthoxyle pour 100 de matières sèches.	Désignation des échantillons.	Méthoxyle pour 100 de matières sèches.
Paille d'avoine	5,34	Fibres de lin de Lille	0,66
» de blé	1,49	» de Pissabeiras	4,07
» d'orge	2,47	» de ramie	0,17
» de seigle	4,64	» de raphia	2,48
Feuilles d'alfa	3,17	Coque de noyau d'abricot	6,18
Fibres d'Annarana	0,63	» de noix	4,22
» de chanvre	0,65	» de noix de coco	3,85
» de coco	5,00	Balle de riz	5,74
» de Fourcroya	0,00	Moëlle de sureau	3,37
» de Guaxima	1,46	Liège	4,81
» de juste	2,70 ([a])	Réseau vasculaire de fruit de Loufa	4,35
» de pied de jute	1,85		
» de lin de Vendée	0,48	Coton brut	0,00

([a]) Cross et Bevan avaient dosé 4,6 pour 100.

([10]) Pour la description de l'appareil (avec figure), celle de la méthode et divers détails voir *Ann. Off. Comb. liq.*, 13, II, 1938, p. 287, reproduit dans *Ann. agron.*, 8, V, 1938, p. 633.

Nous avons aussi déterminé la teneur en méthoxyle des principaux constituants du tissu ligneux retirés de la paille d'avoine, afin d'avoir des termes de comparaison. Nous avons trouvé :

TABLEAU III.

	Xylane.	Lignol.	Vasculose.	Cellulose.
Pour 100 de substances sèches.......	0,96	16,42	7,75	0,00

Les résultats des tableaux I et II montrent d'abord que tous les tissus lignifiés, qu'il s'agisse de bois, de pailles, de coques de fruits etc., fournissent par chauffage avec l'acide iodhydrique concentré des proportions assez importantes d'iodure de méthyle.

Calculés en méthoxyle $-O.CH^3$, ces proportions varient de 2 à 6 pour 100 environ, suivant les tissus et suivant les espèces végétales.

Si l'on compare le bois de branche à celui de tronc d'une même espèce d'arbre, on constate que le premier est très généralement plus riche que le second. Cette constatation a été faite dans 14 cas sur 16 étudiés : le tilleul et l'érable champêtre seuls ont fait exception.

Comme la cellulose ne donne pas d'iodure de méthyle et que la xylane en produit très peu, tandis que la vasculose et surtout le lignol en fournissent de fortes proportions, ce doit être surtout à ces deux dernières matières incrustantes que les tissus lignifiés doivent leur richesse en groupes méthoxyles.

Il n'est pas interdit de croire, cependant, que la présence d'une certaine proportion de composés pectiques, dans lesquels existent des groupes d'esters méthyliques, intervient dans le dégagement de l'iodure alcoolique. Bien que l'on ne puisse encore l'affirmer en s'appuyant sur des expériences suffisantes, on est tenté de supposer que le bois des branches, plus jeune que le bois des troncs, est aussi moins profondément lignifié. Dans ce cas, on devrait s'attendre à ce qu'il y ait plus de composés pectiques dans les branches et les bois jeunes que dans les troncs et dans les bois âgés, et l'on pourrait même aller jusqu'à formuler l'hypothèse que la vasculose et le lignol sont des produits de transformation des composés pectiques. Il y a là des problèmes intéressants que pourront seules résoudre de nouvelles recherches.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les dérivées des fonctions qui répondent à un problème du type de Dirichlet.* Note de M. **Georges Giraud**.

Dans les problèmes du type de Dirichlet, relatifs aux équations linéaires du type elliptique, il est souvent utile d'être renseigné non seulement sur l'allure des fonctions qui remplissent les conditions du problème, mais aussi sur l'allure de leurs dérivées. Des propositions déjà publiées concernent des conditions de Lipschitz, d'exposants quelconques, remplies par ces dérivées ([1]). Cette Note résume la marche qui conduit à d'autres résultats, relatifs à de plus générales conditions de continuité.

Désignons par Q_n une constante positive, quel que soit l'entier n. Nous disons qu'une fonction $a(X)$, dans un espace quelconque, remplit une condition de Dini, avec la fonction limitante ω_1, si l'on a, quels que soient X et Y,

$$|a(X)-a(Y)|<Q_1\omega_1[L(X, Y)] \qquad (L = \text{distance});$$

la fonction ω_1 doit être croissante et telle que $\omega_1(t)/t$ soit sommable dans tout intervalle. Nous supposerons que, ρ étant la plus grande corde de la région où l'on étudie a, et ν et $\varkappa$ étant des constantes telles qu'on ait $0<\nu<1<\varkappa$, la fonction $\omega_1(t)\log^{\nu}(2\rho/t)$ est croissante, et la fonction $\omega_1(t)\log^{\varkappa}(2\rho/t)$ est décroissante; ces conditions ne diminuent pas la généralité de la famille des fonctions a. Nous poserons $\omega_1(t)=\omega_0(t)\log(2\rho/t)$.

Dans le cas des conditions de Lipschitz, une propriété de symétrie était introduite dans la question pour étudier l'allure des dérivées ([1]) ([2]). Le procédé employé dans ce cas pour introduire cette symétrie échoue quand on considère certains problèmes plus généraux, auxquels il a été indiqué que la méthode de Fredholm est applicable ([3]). Mais un autre procédé réussit à introduire cette symétrie même pour ces derniers problèmes.

Ce procédé repose sur la considération de la fonctionnelle

$$\operatorname{moy}(F, X, r, R; \lambda, q)$$
$$=\frac{\Gamma\left(\frac{m}{2}\right)\lambda^q}{2\pi^{\frac{m}{2}}\Gamma(q)}\log^{-\lambda}\frac{R}{r}\int_{r<L(X,A)<R}^{(m)}\frac{F(A)}{L^m(X, A)}\log^{\lambda-1}\frac{L(X, A)}{r}\log^{q-1}\frac{\log\frac{R}{r}}{\log\frac{L(X, A)}{r}}\,dV_A$$
$$(r>0,\ \lambda>0,\ q>0),$$

([1]) *Bull. Société math.*, 61, 1933, p. 1-54 (spécialement Chap. IV).

([2]) *Ann. Société polonaise de Math.*, 12, 1933, p. 35-54.

([3]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1233-1235 (les notations de cette Note sont maintenues ici); *ibid.*, 201, 1935, p. 925-928; 206, 1938, p. 1157-1160.

qui est une moyenne de la fonction F, car, lorsque cette fonction est constante, la fonctionnelle lui est égale [cette moyenne diffère de celle qui était introduite précédemment ([3])]. Cette moyenne a notamment la propriété suivante : la fonction croissante $h(t)$ étant telle que $h(t)\log^{\alpha}(2\rho/t)$ soit décroissant, nous supposons qu'on a

$$|F(X) - F(Y)| < h[L(X, Y)],$$

quels que soient X et Y; alors si μ est une constante positive < 1, et si λ et q sont > 1, fonction $\operatorname{moy}(F, X, z, \rho^{1-\mu}z^{\mu}; \lambda, q)$ admet par rapport aux coordonnées de X et à la variable z des dérivées dont la valeur absolue est $< Q_2 h(z)\log^{-1}(2\rho/z)z^{-1}$ quand z est assez petit.

Alors, si $x_m = F(x_1, \ldots, x_{m-1})$ est un morceau de variété à $m-1$ dimensions, tel que les dérivées de F existent et remplissent une condition de Dini avec la fonction limitante ω_1, l'équation

$$x_m = \operatorname{moy}(F, X, y_m, y_m^{\mu}; \lambda, q) + y_m,$$

où la moyenne est étendue à $m-1$ dimensions, définit, dans un certain voisinage de notre variété dans la région $x_m > F$, une fonction $y_m(x_1, \ldots, x_m)$, nulle sur la variété, et dont les dérivées existent et remplissent une condition de Dini avec la fonction limitante ω_1, et dont les dérivées secondes existent pour $x_m > F$ et ont des valeurs absolues $< Q_3\omega_0(y_m)/y_m$. Si donc l'équation du type elliptique

$$(1) \qquad \sum_{\alpha,\beta} a_{\alpha,\beta}\frac{\partial^2 u}{\partial x_\alpha \partial x_\beta} + \sum_{\alpha} b_\alpha \frac{\partial u}{\partial x_\alpha} + cu = f \qquad (\alpha, \beta = 1, \ldots, m;\ a_{\alpha,\beta} = a_{\beta,\alpha}),$$

prise au besoin dans le sens généralisé, remplit les conditions générales indiquées antérieurement ([3]), l'équation relative aux variables $x_1, \ldots, x_{m-1}$ et y_m remplit ces mêmes conditions dans la région où la fonction y_m jouit des propriétés énoncées, à condition de regarder la variété $y_m = 0$ comme faisant partie de la variété $\mathfrak{M}_1$ où certaines fonctions données peuvent être discontinues. En posant, en outre, pour $\alpha < m$, $x_\alpha = y_\alpha + y_m g_\alpha(X)$, on peut déterminer les g_α de telle sorte que, le résultat précédent étant maintenu, les fonctions qui remplacent les $a_{m,\alpha}$ dans le système des variables $y_1, \ldots, y_m$, soient nulles pour $\alpha < m$ sur la variété $y_m = 0$. C'est suffisant pour l'introduction de la symétrie annoncée.

Supposons que, avant tout changement de variables, les fonctions données b_α, c et f ne soient discontinues qu'aux points de $\mathfrak{M}_1$, et que leurs valeurs absolues soient $< Q_4\omega_0(r_1)/r_1$, où $r_1(X)$ est la distance entre X et $\mathfrak{M}_1$. Supposons encore que ω_1 soit la fonction limitante qui intervient

dans les conditions de Dini remplies par les $a_{\alpha,\beta}$ et par les dérivées des coordonnées des points de la frontière $\mathcal{S}$ du domaine $\mathcal{D}$ auquel se rapporte le problème de Dirichlet, et *supposons que les dérivées de la fonction donnée sur $\mathcal{S}$ existent et remplissent des conditions de Dini avec la fonction limitante* ω_1. *Alors la dérivée* $u_\alpha(X)$ *de* $u(X)$ *par rapport à* x_α *remplit la condition*

$$|u_\alpha(X) - u_\alpha(Y)| < Q_5\,\omega_1[L(X, Y)]\log\frac{2\rho}{L(X, Y)};$$

ce résultat a lieu quelles que soient les fonctions limitantes qui interviennent dans les conditions de Dini remplies par les dérivées des coordonnées des points de $\mathcal{M}_1$.

En somme, la symétrie introduite permet d'employer pour notre problème la fonction de Green d'un problème du type de M. Picard, relatif à toute une variété close ([4]), et cela simplifie dans divers cas l'étude de l'allure des dérivées premières et même d'ordre supérieur.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Deux cas curieux de reviviscences végétales.* Note de M. **Lucien Daniel**.

J'ai observé deux cas curieux de reviviscence, l'un chez le Haricot; l'autre chez le Poireau.

I. On sait que les expériences de Doyère et de Gaston Bonnier ([1]), puis celles plus récentes de Paul Becquerel ([2]), ont montré que de jeunes plantules soumises, après leur germination normale, à divers procédés de dessiccation, peuvent quelquefois reprendre leur vie active après être restées un temps plus ou moins long à l'état d'anhydrobiose.

Au cours de mes recherches sur les maturations brusquées puis retardées, chez mes races nouvelles de Haricots ([3]), qui se produisirent en 1937 sous l'action d'à-coups de végétation brusques et intenses au cours de l'été très chaud et orageux, je constatai, lors de la récolte des graines en septembre, que certaines gousses renfermaient une ou deux graines dont les cotylédons, en germant, avaient fait éclater les téguments. Cette germination anormale

---

([4]) E. Picard, *Annales scient. Ecole Norm. sup.*, 26, 1909, p. 9-17.

([1]) *Revue générale de Botanique*, 4, 1892, p. 193.

([2]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2158.

([3]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 209.

n'avait pas été précédée, comme à l'ordinaire, par celle de la racine restée entièrement au repos; elle s'était arrêtée lors de la maturation.

J'ai recherché si ces graines ayant subi ainsi à maturité un arrêt avec passage à l'état d'anhydrobiose, comme dans les expériences de Doyère, G. Bonnier et Becquerel, avaient conservé en partie ou en totalité leur pouvoir germinatif et pouvaient devenir elles-mêmes réviviscentes. J'ai semé, le 25 mai 1938, quinze de ces graines, choisies parmi celles qui me paraissaient les mieux conservées. Sept ne germèrent pas et pourrirent; chez quatre autres la germination reprit normalement; la radicule sortit la première puis s'enfonça dans le sol; leurs cotylédons sortirent à leur tour. Mais la gemmule était desséchée; la germination était aveugle, comme cela arrive même quand on sème des graines non éclatées; elles périrent ensuite. Enfin quatre autres graines germèrent comme les quatre précédentes, mais les gemmules avaient conservé leur vitalité; elles fournirent des pieds qui furent un peu moins développés et moins productifs que les normaux et dont deux présentèrent quelques feuilles monstrueuses. Donc les germinations, anormalement passées à l'état d'anhydrobiose, se comportent à la façon de celles qui y ont été amenées expérimentalement, c'est-à-dire que quelques-unes d'entre elles peuvent devenir réviviscentes.

II. Chez mes poireaux devenus expérimentalement bulbifères et prolifères ([4]), j'ai, en 1937 et en 1938, eu l'occasion de constater une fois de plus l'hérédité acquise de ces caractères, ainsi que la transformation de diverses graines en bulbilles. Cette transformation est une preuve très nette de l'équivalence de la graine et du bourgeon qu'a indiquée Darwin.

Cette année, par suite de la sécheresse du printemps et du début de l'été, j'ai constaté que de nombreux pédoncules de Poireau, portant des ombelles bulbifères, avaient été piqués en divers points par des insectes pour y déposer leurs œufs. A la suite de l'attaque des larves, le pédoncule s'était desséché progressivement sur une étendue plus ou moins longue. Les ombelles qui portaient à la fois des akènes en voie de développement et des bulbilles, se penchèrent vers le sol, se fanèrent à tel point que, les considérant comme perdues, je coupai leurs pédoncules à 5-10^{cm} du plateau. Avec des ciseaux, je supprimai complètement les pédicelles floraux, puis je plantai dans des pots remplis de terre le plateau garni des seules bulbilles, dont les jeunes feuilles cylindriques étaient desséchées. A ma grande surprise, quand vinrent des pluies orageuses abondantes en septembre, je

([4]) *Revue bretonne de Botanique*, **29**, 1936-1937, p. 57.

constatai que les bulbilles, en touffes, avaient donné de jeunes poireaux poussant comme en semis serrés, très vigoureux, et que le plateau avait disparu digéré par eux. C'est là un mode de production de jeunes poireaux qui peut avoir son importance pratique pour la culture de cette plante à contre-saison.

En 1937 et cette année encore, j'ai constaté sur un certain nombre de pieds, bulbifères ou non, l'apparition très tardive (en fin octobre et novembre) de bulbilles sur des plateaux d'ombelles ayant mûri leurs graines et dont tout l'appareil aérien était desséché complètement en apparence. En même temps que se formaient normalement des caïeux dans le sol, le plateau de l'inflorescence avait gardé en partie sa vitalité quand on pouvait le croire desséché comme tout l'appareil aérien annuel.

Cette vitalité s'apercevait à la loupe par un léger verdissement d'une faible partie du plateau floral sur laquelle on voyait apparaître progressivement de jeunes bulbilles chevelues. Quant l'ombelle desséchée se maintenait droite, les bulbilles se formaient à la partie supérieure du plateau floral. Si l'ombelle se renversait par le vent, les bulbilles se formaient à base du plateau floral, de façon à conserver à la tige de la jeune bulbille son géotropisme négatif normal. L'équivalence de la graine et du bourgeon chez le Poireau, la régénérescence de son plateau floral à l'état d'anhydrobiose et la formation de bulbilles qui en est la conséquence sont de nouvelles preuves qu'il suffit d'une minime partie de substance vivante, non différenciée sexuellement, et capable de repasser à l'état de méristème, pour donner un ou plusieurs bourgeons porteurs de *la matière fondamentale héréditaire*. L'hérédité, contrairement à l'hypothèse de Weismann, n'est donc pas exclusivement localisée dans le noyau de la cellule et sa chromatine. Une substance unique (qui peut manquer dans la cellule, et c'est le cas pour le noyau et la réduction chromatique) ne saurait d'ailleurs commander tout ce qui se passe chez l'être vivant; il ne faut pas l'oublier.

M. Louis de Broglie fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre *La Mécanique ondulatoire des systèmes de corpuscules*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Historique de la Pêche Dunkerquoise à la Morue sur les côtes d'Islande, sur le Grand banc de Terre-Neuve et dans les mers du Nord*, par Henri du Rin. Tome II.

2° *Os Vales submarinos portugueses e o diastrofismo das Berlengas e da Estremadura* por Carlos Freire de Andrade.

M. **A. F. Holleman**, la **Faculté des Sciences de l'Université de Thessaloniki** adressent à l'Académie l'expression de leurs sentiments de condoléances à l'occasion du décès de M. *G. Urbain*.

M. le **Ministre de l'Agriculture** invite l'Académie à désigner un de ses Membres, qui occupera, dans le *Conseil de Perfectionnement de l'Institut national Agronomique*, la place vacante par le décès de M. *L. Mangin*.

M. **L. Cayeux** est désigné.

M. le **Ministre des Finances** invite l'Académie à désigner un de ses Membres, qui occupera, dans la *Commission de Contrôle de la circulation monétaire*, la place vacante par le décès de M. *G. Urbain*.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Courbes d'égal argument. Cellules d'univalence, inversion des fonctions entières* (1). Note (2) de M. **Lucien Hibbert**, présentée par M. Paul Montel.

Points j. Branches d'accès et branches d'éloignement. Zones d'enclave. Cassures en j (3).

(1) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 891.

(2) Séance du 14 novembre 1938.

(3) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1121; Lucien Hibbert, *Thèse*, Chap. I, p. 9. Paris, 1938.

Sens de parcours positif ou négatif; positif à droite ou à gauche; négatif à droite ou à gauche. — Le sens positif sur V est le sens de R croissant; négatif, le sens de R décroissant. Le sens est positif à droite ou à gauche, suivant que, en j, on passe à la branche d'éloignement à droite ou à gauche pour l'observateur qui suit V; il en est de même du sens négatif, qui peut être à droite ou à gauche.

Soit un faisceau de courbes V ayant pour base un segment déterminé d'une branche $R = \text{const.}$; suivons-le dans le sens positif. Enlevons les zones d'enclave de sommet j; les faisceaux V restants ne sont pas encore compacts.

Cassures en A. — Une courbe $V = V_1$ peut arriver en A, en repartir, y retourner une infinité dénombrable de fois au plus. La branche $V = V_1$ présente alors des cassures en A.

Zones d'enclave en A. — Les branches fermées en A de $V = V_1$ délimitent les zones d'enclave de sommet A.

Retirons des faisceaux les branches de courbe V, qui présentent des cassures en A, les faisceaux se subdivisent cette fois en faisceaux tous compacts. Dans le sens positif, sur toutes les courbes V de l'un quelconque des faisceaux, on arrive en A, avec $R = \infty$. La démonstration est analogue à celle donnée pour les faisceaux compacts R.

Dans le sens négatif, les faisceaux compacts V aboutissent soit aux zéros de $f(z)$, soit en A avec $R = 0$.

Donc toute branche de courbe V *est complète, et peut être suivie de* $R = 0$ *à* $R = \infty$.

Pinceaux montants; pinceaux descendants ([4]). *Pinceaux mixtes.* — Sur une branche de $R = R_1$, prenons un segment $(0 - 2\pi)$ et construisons les branches de V déterminées par ce segment. Nous avons un pinceau mixte.

Cellules d'univalense ([5]). *Cellules montantes; cellules descendantes* ([6]). *Cellules mixtes.* — Les pinceaux mixtes donnent naissance aux cellules mixtes.

THÉORÈME I. — *Toute fonction $f(z)$ divise le plan complexe en une infinité dénombrable de Cellules d'univalence mixtes toutes complètes.*

C'est le cas pour la fonction : $W = (e^z - 1)/z$, considérée par

---

([4]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1122.

([5]) PAUL MONTEL, *Leçons sur les fonctions univalentes, etc.*, Chap. I, p. 10. Paris, 1933; F. MARTY, *Ann. de Toulouse*, 3e série, 23, 1931, p. 183-261.

([6]) LUCIEN HIBBERT, *Thèse*. Chap. I, p. 17-23. Paris, 1938.

M. Tversen [7], et trouvée par lui non divisible en cellules d'univalence limitées par des courbes V. La fonction n'est pas divisible en cellules montantes; mais elle l'est en cellules mixtes et en cellules descendantes.

Toute fonction $f(z)$ est aussi divisible en cellules descendantes toutes complètes.

Hypergroupe. — La division en cellules d'univalence entraîne la définition de l'hypergroupe d'automorphie.

THÉORÈME II. — *Toute fonction entière possède un hypergroupe de M. Marty [8], les cellules descendantes jouant le rôle des domaines fondamentaux vis-à-vis des opérations de l'hypergroupe.*

Inversion. — La division en cellules d'univalence descendantes ou mixtes permet l'inversion de la fonction $f(z)$ et la connaissance des points de ramification d'ordre fini ou infini de la fonction inverse.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques propriétés de la fonction gamma.* Note [1] de M. LUBOMIR TCHAKALOFF, présentée par M. Paul Montel.

Étant donnée une fonction $f(x)$ de la variable positive x, je dis qu'elle possède la *valeur limite* λ pour $x \to \infty$, lorsqu'il existe une suite croissante de nombres positifs $x_1, x_2, x_3, \ldots$, telle que $\lim x_n = \infty$ et $\lim f(x_n) = \lambda$. Nous nous proposons de déterminer toutes les valeurs limites de la fonction $f(x) = \Gamma(x + ai)/\Gamma(x)$, a désignant une constante réelle et différente de o.

On voit d'abord facilement que le module de

$$f(x) = \frac{\Gamma(x+ai)}{\Gamma(x)} = \lim_{n\to\infty} \frac{x(x+1)\ldots(x+n)}{(x+ai)(x+1+ai)\ldots(x+n+ai)}(n+1)^{ai}$$

représente une fonction croissante de x qui tend pour $x \to \infty$ vers une limite $\leqq 1$. Je dis que cette limite est égale à 1. En effet, lorsque n parcourt la suite des nombres naturels, on a

$$(1) \qquad n^{-ai}\frac{\Gamma(n+ai)}{\Gamma(n)} = \frac{ai(ai+1)\ldots(ai+n-1)}{(n-1)!}n^{-ai}\Gamma(ai),$$

et le second membre tend pour $n \to \infty$ vers $\Gamma(ai)/\Gamma(ai) = 1$. Il s'ensuit

(7) TVERSEN, *Thèse*, Helsingfors, 1913.

(8) *Ann. École Norm.*; 3e série, 53, II, 1937, p. 9.

(1) Séance du 14 novembre 1938.

que les valeurs limites de la fonction considérée $f(x)$ ne peuvent être que des nombres complexes de module 1.

Soit d'autre part λ un nombre complexe de module 1. Désignons par $1-\varepsilon_n$ le second membre de (1), de sorte que

$$f(n)=\frac{\Gamma(n+ai)}{\Gamma(n)}=(1-\varepsilon_n)\,n^{ai},$$

où ε_n tend vers zéro. On voit sans peine que les nombres $n^{ai}(n=1,2,3,\ldots)$ forment un ensemble partout dense sur la circonférence $|z|=1$ du plan complexe; il existe donc une suite croissante de nombres naturels n_1, n_2, n_3, ..., telle que $\lim\limits_{k\to\infty} f(n_k)=\lambda$. Nous avons ainsi démontré la proposition suivante :

Théorème I. — *L'ensemble des valeurs limites pour $x\to\infty$ de la fonction $\Gamma(x+ai)/\Gamma(x)$ coïncide avec l'ensemble des nombres complexes de module* 1.

Considérons la fonction réelle

$$g(x)=\frac{1}{2\Gamma(x)}\{e^{\alpha i}\Gamma(x+ai)+e^{-\alpha i}\Gamma(x-ai)\},$$

où $a>0$ et α désignent des constantes réelles. D'après le théorème I, on peut faire tendre x vers l'infini de manière que $\Gamma(x+ai)/\Gamma(x)$ tende vers la limite $e^{\beta i}$, β étant une constante réelle arbitrairement choisie; la fonction $g(x)$ tendra donc vers $\cos(\alpha+\beta)$ et nous pouvons affirmer que tout nombre de l'intervalle fermé $[-1, +1]$ est une valeur limite de $g(x)$ pour $x\to\infty$. D'ailleurs la fonction $g(x)$ ne pourrait avoir d'autre valeur limite à cause de l'inégalité presque évidente $|g(x)|<1$ pour $x>0$. Soit b un nombre quelconque compris entre -1 et $+1$. Chacune des inégalités $g(x)>b$ et $g(x)<b$ étant vérifiée pour une infinité de valeurs positives de x tendant vers l'infini, il est évident que la fonction continue $g(x)$ prend toute valeur comprise entre -1 et $+1$ une infinité de fois. D'une façon plus précise, l'équation en x $g(x)=b$, où $-1<b<1$, a un nombre infini de racines positives a_1, a_2, ..., où $\lim a_n=\infty$; au contraire, elle n'a pas de racine positive pour $b\leqq-1$ ou $b\geqq+1$. En désignant par $F_1(x)$ et $F_2(x)$ les fonctions méromorphes

$$F_1(x)=\frac{1}{2}\{\Gamma(x+ai)+\Gamma(x-ai)\},\qquad F_2(x)=\frac{1}{2i}\{\Gamma(x+ai)-\Gamma(x-ai)\}$$

et par A, B, C trois constantes réelles, telles que $A^2+B^2>0$, on peut énoncer ce résultat sous la forme suivante :

THÉORÈME II. — *L'équation*

$$AF_1(x) + BF_2(x) = C\Gamma(x)$$

a un nombre infini de racines positives si $A^2 + B^2 > C^2$; *au contraire, elle n'a aucune racine positive si* $A^2 + B^2 \leq C^2$.

Dans le cas spécial où $C = 0$, on peut démontrer par une autre méthode que *toutes* les racines de cette équation sont réelles et simples.

MÉCANIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'interprétation statistique de la recombinaison des noyaux atomiques*. Note de M. **Louis Goldstein**, présentée par M. Louis de Broglie.

La description des phénomènes de la classe des collisions dispersives entre noyaux atomiques fait intervenir une grandeur élémentaire fondamentale, la probabilité de recombinaison ou la probabilité de collage. Cette grandeur exprime la probabilité de la formation d'un noyau nouveau à partir du noyau cible et le noyau projectile, ce dernier étant supposé suffisamment rapproché du premier pour que les forces responsables de la liaison puissent se manifester avec toute leur intensité. Cependant l'état actuel des connaissances sur les forces entre les constituants des noyaux atomiques et sur la meilleure méthode permettant une description convenable des noyaux assez lourds paraît exclure un traitement rigoureux des phénomènes de collision et, par conséquent, la possibilité d'une analyse de la probabilité de recombinaison. On peut néanmoins obtenir indirectement une représentation relativement précise de cette grandeur élémentaire.

L'étude des phénomènes de collision dispersive, à l'aide des méthodes de thermodynamique statistique, avait conduit à décrire la seconde étape de la collision, se rapportant à l'émission d'une particule lourde, comme un phénomène d'évaporation. La première étape, celle de l'activation, se présente dans cette méthode comme une transition du système, formé initialement par les deux partenaires de choc, depuis un état d'équilibre instable vers un état stable du point de vue thermodynamique [1]. La vie moyenne de l'état instable est fournie par la théorie des phénomènes de transport cinétique. Ces phénomènes, dus aux propriétés de viscosité et de conductibilité calorifique du noyau, veillent à ce que l'état d'équilibre

---

[1] Cf. *J. Physique*, 7e série, 9, 1938, p. 262; *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1880, et *J. Physique*, 1938 (sous presse).

stable, du point de vue thermodynamique, s'établisse, au bout d'un certain temps, dans le système. Ce temps serait donné approximativement par l'une des deux relations suivantes, adoptant une description approchée des noyaux par le modèle du gaz de protons et de neutrons,

$$(1) \qquad \tau_{vis} = \chi P^{-1}, \qquad \tau_{cal} = (2R)^2 (\gamma \rho^{-1} C_v^{-1})^{-1},$$

où τ_{vis} est la vie moyenne de l'état d'équilibre instable provenant de l'existence d'un coefficient de viscosité χ fini du système, P étant la pression de l'état d'équilibre stable et τ_{cal} est la vie moyenne de l'état instable, la vie de cet état étant maintenant limitée par l'existence d'un coefficient de conductibilité calorifique γ; R désigne le rayon du noyau supposé sphérique, ρ est sa densité et C_v sa chaleur spécifique à volume constant. Il semble raisonnable de dire, dans la présente interprétation des collisions nucléaires, que τ_{vis} et τ_{cal} correspondent aux temps au bout desquels la pression et la température du noyau peuvent être considérées comme étant égales approximativement à celles associées à l'état d'équilibre stable du point de vue thermodynamique, cet état étant déterminé par l'énergie d'activation, connue à l'avance, disponible dans la collision. Rappelons qu'à partir d'un état d'énergie d'activation où le modèle de gaz paraît devoir représenter grossièrement le noyau, on a [1]

$$(2) \qquad \chi \sim \frac{3}{8\pi} p_0 A^{\frac{1}{3}} r_0^{-2},$$

où p_0 est l'impulsion maximum des particules lourdes nucléaires dans l'état fondamental et r_0 est une longueur définie par la relation semi-empirique égalant le rayon nucléaire R à $r_0 A^{1/3}$, exprimant la proportionnalité approchée du volume du noyau au nombre A des particules lourdes qui le composent. La relation importante classique, applicable approximativement au présent modèle de gaz intranucléaire

$$(3) \qquad \gamma \sim \chi C_v,$$

définit le coefficient de conductibilité calorifique valable dans le même intervalle d'énergie que (2). Comme la statistique à laquelle obéissent les protons et les neutrons est conforme au principe d'exclusion, on doit s'attendre à ce que les coefficients de transport χ et γ, associés à ce gaz de particules lourdes hautement dégénéré, diminuent lorsque la température du noyau, ou son énergie d'activation, augmente. Cependant dans un intervalle d'énergie assez large cette variation ne paraît pas être très

importante. Il en sera de même d'après (1) pour les vies moyennes ou encore pour les inverses des vies moyennes ω_{vis} et ω_{cal}, qui peuvent être considérées comme les probabilités de transition, par unité de temps, associées au passage du noyau formé, lors de l'interpénétration des noyaux cible et projectile, correspondant à un état d'équilibre instable vers l'état d'équilibre stable du point de vue thermodynamique. L'étape finale d'évaporation se développe ensuite à partir de cet état d'équilibre stable mais activé, réalisant le noyau intermédiaire formé par recombinaison des noyaux cible et projectile. Maintenant, la section de choc σ associée à des collisions conduisant à la recombinaison indiquée, pour des énergies où les considérations statistiques précédentes paraissent s'appliquer, serait égale au produit de la section de l'obstacle πR^2 par la probabilité de recombinaison η. Comme la probabilité de transition, par unité de temps ω relative au processus décrit par η est égale à $j\sigma$, où j est le courant des particules incidentes, on trouve, égalant $(j\sigma)$ ou $(\pi R^2 j\eta)$ à ω_{vis} ou ω_{cal}, ou éventuellement à une combinaison linéaire de ces grandeurs,

$$(4) \qquad \eta = (\pi R^2 j \tau)^{-1},$$

τ étant ici l'inverse de ω_{vis} ou de ω_{cal} ou de leur combinaison. C'est l'expression explicite approchée cherchée de la probabilité de recombinaison des noyaux atomiques. Elle est déterminée principalement par τ, vie moyenne déduite de la théorie statistique de l'étape d'activation des collisions nucléaires dispersives. Une discussion de (4) montre que dans un intervalle d'énergie assez large, débutant à l'énergie indiquée plus haut, η varie relativement peu avec l'énergie du noyau projectile et reste de l'ordre de l'unité dans cet intervalle. Ces prévisions semblent être conformes aux données expérimentales se rapportant principalement aux transmutations nucléaires dues à des collisions de neutrons rapides.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Recherche du cyanogène dans les étoiles de types peu avancés.* Note de Mlle **Nina Morguleff**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Les bandes du cyanogène dans les spectres stellaires sont observées en deux régions spectrales différentes. Les bandes correspondant au passage électronique $^2\Sigma - {}^2\Sigma$ sont situées entre 3590 Å et 4610 Å ; la plus intense

est celle de 3883 Å. Les autres, dues à la transition $^2\Sigma - {}^2\Pi$, tombent dans le rouge; elles sont peu connues.

En étudiant les bandes correspondant à $^2\Sigma - {}^2\Sigma$ et notamment les deux séquences dont les premières têtes sont respectivement à 4216 Å et 3883 Å, divers auteurs (¹) ont déduit la limite supérieure du type spectral pour lequel les bandes du CN apparaissent : les résultats sont assez divergents.

Nous avons essayé de reprendre cette question en étudiant cette fois les bandes ultraviolettes, dont la première tête se trouve à 3590 Å. En choisissant cette région, on a l'avantage d'être assez loin des dernières raies de la série de Balmer, dont les ailes se superposent aux bandes 3883 Å dans les premiers types spectraux. Dans ce but nous avons examiné une série de spectres d'étoiles entre KO et AO (²). Sur les enregistrements qui en ont été faits par le microphotomètre nous avons pu constater l'existence d'un maximum à la position même de la première tête de la séquence de CN, c'est-à-dire à 3590 Å. Et cela non seulement pour les types avancés (K 5-F 8) pour lesquels Swings et Struve (³) avaient reconnu l'existence de CN, mais jusqu'aux premières subdivisions du type A.

Cette région spectrale contient de nombreuses raies du fer et il est très probable que le maximum 3590 est dû à la superposition de raies du CN aux raies 3589 et 3587 du fer (⁴) : on pouvait donc craindre que, pour les premiers types, le maximum subsistant ne soit dû au fer seul. On peut répondre à cette objection de la façon suivante : nous avons choisi dans tous les spectres considérés deux raies du fer (3631 et 3619 Å) données, dans les tables (⁵), comme plus intenses que l'ensemble des deux raies 3587 et 3589, et, dans tous les cas, nous avons constaté que, dans les spectres stellaires considérés, l'intensité de 3590 surpasse celle des deux raies 3631 et 3619. Le maximum observé à 3590 Å ne peut donc pas être attribué au fer seul.

(¹) SWINGS, *Les bandes moléculaires dans les spectres stellaires*, Paris, 1932; H. SHAPLEY, *Harvard Obs. Bull.*, 805, 1924; A. V. DOUGLAS, *Monthly Notice*, 90, 1930, p. 798.

(²) Ces spectres sont ceux qui ont servi aux recherches de spectrophotométrie stellaire d'Arnulf, Barbier, Chalonge et Safir (*Annales d'Astrophysique*, 1, 1938, p. 293).

(³) *Phys. Rev.*, 39, 1932, p. 142.

(⁴) Dans la région spectrale considérée la dispersion est d'environ 50 Å par millimètre.

(⁵) C. E. MOORE, *A multiplet table astrophysical interest*. Princeton, 1933.

Nous avons observé, en outre, que, pour l'étoile naine α CMin (d F 5), le maximum 3590 est plus fort que pour la supergéante α Pers (c F 5), résultat qui prolonge celui de Lindblad [6].

GÉODÉSIE. — *Sur la formule de Stokes dans la théorie de la gravité.* Note [1] de MM. **Godofredo Garcia** et **Alfred Rosenblatt**.

1. Dans une Note de même titre [2] nous avons donné les équations intégro-différentielles qui, dans le cas de la sphère comme surface initiale, donnent les fonctions $\mathfrak{N}_1$ et $\mathfrak{U}_1$. Ces fonctions sont les premiers termes des développements du potentiel de simple couche et de l'écart des deux surfaces voisines d'équilibre. Ce sont les équations (15) et (16) de cette Note. On a en outre l'équation de la constance des masses

$$(1)\qquad 0=\int_{\Sigma}\{f(\Theta,\varpi)+\omega^2 a(\sin\Theta\cos\Theta\,\mathfrak{U}_{1\Theta}-\sin^2\Theta\,\mathfrak{U}_1)\\ -2\mathfrak{U}_1 g-2\omega^2 a\sin^2\Theta\,\mathfrak{U}_1\}\sin\Theta\,d\Theta\,d\varpi.$$

Si l'on néglige les termes avec $\omega^2\gamma$ et si l'on assujettit le centre de gravité du corps C_1 à se trouver sur l'axe des z, on parvient à la formule de Stokes

$$(2)\qquad \mathfrak{N}=-a\gamma\,\mathfrak{U}_1=-\frac{a^3}{8\pi f M}\int_{\Sigma}\Delta g'\,d\sigma'\left[\Phi(\theta')-\frac{1}{2}\right];$$

où l'on a

$$(3)\qquad \Phi(\theta')=\frac{1}{\sin\frac{\theta'}{2}}+1-6\sin\frac{\theta'}{2}-5\cos\theta'-3\cos\theta'\,l\left(\sin\frac{\theta'}{2}+\sin^2\frac{\theta'}{2}\right).$$

2. Si l'on conserve les termes avec ω^2 et si l'on pose

$$(4)\qquad f(\theta,\varpi)=\sum_0^\infty\left\{D_n P_n+\sum_{r|1}^{n}(E_{rn}S_{rn}+G_{rn}T_{rn})\right\},$$

$$(5)\qquad \mathfrak{U}_1=\sum_0^\infty\left\{B_n P_n+\sum_{r|1}^{n}(L_{rn}S_{rn}+M_{rn}T_{rn})\right\},$$

---

[6] *Astroph. Journal*, 55, 1932, p. 85.

[1] Séance du 19 septembre 1938.

[2] *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 423.

P_n, S_{rn}, T_{rn} fonctions sphériques, on trouve les formules de récurrence

$$(6)\quad -B_{n+2}\omega^2 a^2 \frac{5(n+1)(n+2)(n-1)}{(2n+3)(2n+5)} - B_{n-2}\omega^2 a^2 \frac{5n(n-1)(n+1)}{(2n-1)(2n-3)} + B_n\left[2fM\frac{1-n}{a} + \omega^2 a^2 \frac{2(n^3+8n^2+5n-4)}{(2n-1)(2n+3)}\right] = 2a D_n - 2c_1.$$

En posant

$$(7)\quad B_n = \frac{D_n a^2}{fM(1-n)} + \omega^2 a^2 \mathcal{L}_n$$

et en négligeant les puissances > 1 de ω^2, on trouve les formules

$$(8)\quad 2\mathcal{L}_n \frac{fM}{a}(1-n) = \frac{a^2}{fM}\left\{-D_{n+2}\frac{5(n+1)(n+2)(n-1)}{(2n+3)(2n+5)(n+1)} - \frac{5n(n-1)^2}{(n-3)(2n-1)(2n-3)}D_{n-2} + \frac{2(n^3+8n^2+5n-4)}{(2n-1)(2n+3)(n-1)}D_n\right\}.$$

3. On trouve de même pour les $\mathcal{L}_{rn}$, $\mathcal{M}_{rn}$ les formules approximatives

$$(9)\quad \left\{\begin{aligned} \mathcal{L}_{rn} &= \frac{E_{rn}a^2}{fM(1-n)} + \omega^2 a^2 H_{rn},\\ \mathcal{M}_{rn} &= \frac{F_{rn}a^2}{fM(1-n)} + \omega^2 a^2 M_{rn},\end{aligned}\right.$$

où l'on a

$$(10)\quad 2H_{rn}\frac{fM}{a}(1-n) = \frac{a^2}{fM}\left\{-E_{r,n+2}\frac{5(n+1+r)(n+2+r)(n-1)}{(2n+3)(2n+5)(n+1)} - E_{r,n-2}\frac{5(n-1)(n-r)(n-r-1)}{(n-3)(2n-1)(2n-3)} + E_{rn}\frac{2[n^3+8n^2+5n-4+5r^2(n-1)]}{(2n-1)(2n+3)(n-1)}\right\},$$

et pour M_{rn} on a les mêmes formules avec $G_{r,n}$ au lieu de $E_{r,n}$.

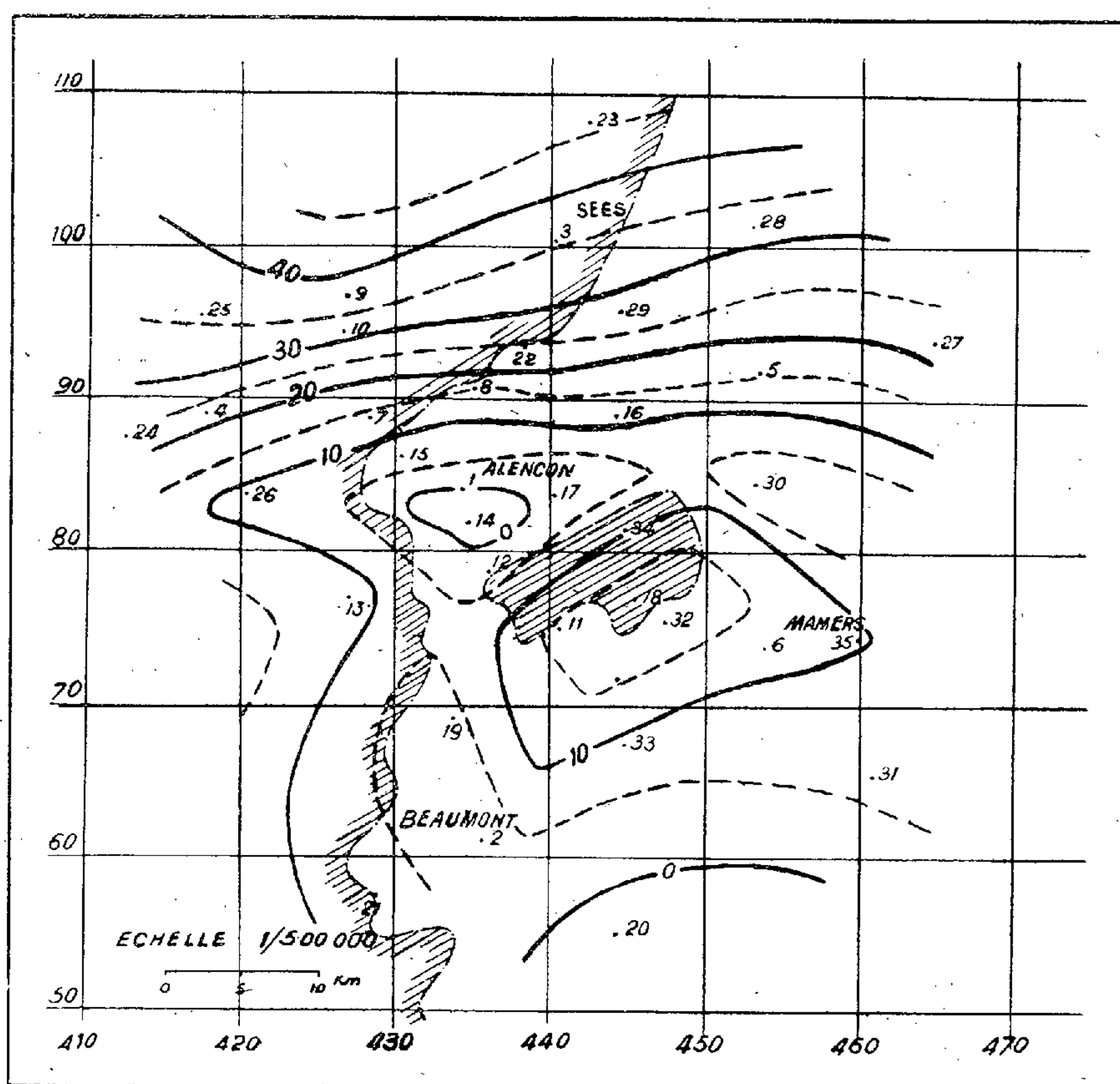
GÉODÉSIE. — *Sur les anomalies de pesanteur dans la région d'Alençon.* Note [1] de MM. **Marcel Schlumberger** et **Vladimir Baranov**, présentée par M. Georges Perrier.

En 1932 MM. Holweck et Lejay ont collaboré à la carte gravimétrique de France, entreprise sous la direction du Comité national français de

[1] Séance du 14 novembre 1938.

Géodésie et Géophysique. Les mesures de g ont été effectuées à l'aide du pendule élastique inversé, inventé et construit par ces auteurs. La moitié nord de la France a été couverte de 61 stations qui ont permis de tracer les isanomales (²).

« Les anomalies » écrivent les auteurs « ne sont en aucune région considérables; les gradients sont généralement faibles également, sauf au Nord



Aires hachurées représentant les terrains anciens

de Valenciennes, à la limite du bassin houiller, et dans la région d'Alençon où une zone d'anomalie négative semble particulièrement intéressante ».

La présente Note rend compte d'une étude gravimétrique plus détaillée exécutée dans les environs d'Alençon en vue de compléter les résultats

(²) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 46, et *J. des Observ.*, 17, 1934, p. 109.

obtenus par MM. Holweck et Lejay. Les mesures ont été exécutées avec les gravimètres Thyssen [3], en 35 stations.

Sur la carte ci-dessus nous avons représenté l'anomalie en traçant les courbes d'égale valeur de $g-g_0$ (de 5 en 5 milligals), g étant la valeur de l'accélération au point considéré et g_0 sa valeur à Alençon.

L'accord avec les résultats obtenus par MM. Holweck et Lejay est très satisfaisant.

Les isogammes représentent au Nord d'Alençon un plan incliné assez régulier; c'est là que le gradient atteint sa valeur maximum. La plus faible distance entre les isogammes est de 1,6 km. au voisinage de la station n° 8, ce qui correspond à un gradient de 31 Eötvös. La pente moyenne est de 20 à 25 Eötvös. Dans la partie sud de la région étudiée les anomalies sont plus faibles. Enfin au Sud-Est d'Alençon on constate la présence d'une anomalie positive locale affectant la forme d'un dôme d'isogammes.

L'anomalie étudiée paraît avoir une grande ampleur et il est encore prématuré d'entreprendre une interprétation de ce phénomène. Néanmoins la comparaison des résultats obtenus avec la carte géologique permet déjà de risquer une tentative d'explication.

La région d'Alençon se trouve à la limite du Bassin de Paris et des terrains anciens du Massif Armoricain. Ces terrains sont probablement plus denses que les sédiments du Bassin de Paris. Il est très probable que l'anomalie est due à cette différence de densité. En effet le phénomène local, caractérisé par un dôme d'isogammes entre Alençon et Mamers, coïncide approximativement avec l'affleurement des phyllades de Saint-Lô et des terrains cambriens.

PHYSIQUE QUANTIQUE. — *Géométrie cinématique adaptée à la théorie des quanta.* Note de Mlle **Paulette Février**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. La mécanique ondulatoire a pour premier effet de remplacer la description classique des mouvements des corpuscules (schéma de la cinématique classique) par un nouveau schéma. Cependant il subsiste des

---

(3) A. Schleusener, *Zeitschr. f. Geoph.*, 10, viii, 1934, p. 369-377. — Von Thyssen et A. Schleusener, *Beitr. z. angewandt. Geoph.*, 5, 1935, p. 178-181 et 303-315.

éléments de la cinématique classique : d'une part, des considérations géométriques, d'autre part, des énoncés purement cinétiques sur les quantités de mouvement. C'est l'association de ces deux sortes d'éléments à la manière classique qui est interdite en vertu des relations d'incertitude de Heisenberg. Nous avons défini (¹) une logique permettant une description adéquate des relations d'incertitude; l'idée essentielle est la distinction des couples de propositions en couples composables et couples incomposables; les couples composables satisfont aux conditions habituelles du produit logique, tandis que le produit logique de deux propositions incomposables a toujours la valeur A (faux renforcé).

Adoptant cette logique au lieu de la logique classique pour édifier une géométrie cinématique, nous allons pouvoir conserver le maximum du langage cinématique permis par la mécanique ondulatoire. Nous ne donnerons pas ici l'axiomatique de cette géométrie, nous bornant à indiquer l'essentiel de la méthode; nous opérerons ainsi : à une géométrie donnée, par exemple à la géométrie euclidienne, nous adjoindrons un système de vecteurs dits cinétiques qui sera considéré comme distinct du système des vecteurs géométriques. Les quantités de mouvement des corpuscules seront figurées par des vecteurs cinétiques. Un couple de propositions constitué par un énoncé géométrique et un énoncé sur les vecteurs cinétiques ne satisfaisant pas aux relations d'incertitude sera un couple incomposable; par suite le produit logique des propositions d'un tel couple ne pourra être vrai et prendra la valeur logique A.

Par exemple la donnée d'un vecteur cinétique est incomposable avec tout énoncé géométrique sauf un énoncé sur la définition des plans orthogonaux à ce vecteur cinétique. La donnée d'un point est incomposable avec tout énoncé sur les vecteurs cinétiques. Ceci constitue les deux cas extrêmes; ainsi, un énoncé sur un vecteur cinétique assujetti à être dans un certain plan avec une composante fixée dans une direction, est composable avec un énoncé géométrique sur la droite perpendiculaire à cette direction et contenue dans le plan.

2. A tout vecteur cinétique (défini à une translation près) on peut associer le plan orthogonal (défini à une translation près). A tout énoncé sur les vecteurs géométriques on peut faire correspondre biunivoquement un énoncé sur les vecteurs cinétiques; de même à tout énoncé sur les points correspond un énoncé sur les plans associés aux vecteurs cinétiques qui

(¹) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 481 et 958.

sont liés par une corrélation. On a donc un principe de dualité entre éléments de couples incomposables, mais, du fait qu'ils sont incomposables, le mouvement du corpuscule ne peut être décrit en utilisant cette corrélation.

Le cas où la position, ou au contraire la quantité de mouvement d'un corpuscule, est fixée exactement est un cas limite; en général la position est fixée avec une certaine incertitude, par exemple la coordonnée x est déterminée à Δx près, p_x est aussi fixé à Δp près, les énoncés sur ces déterminations sont composables si $\Delta x \Delta p$ est supérieur à $h/4\pi$, incomposables dans le cas contraire. Tout énoncé sur une partie de la région d'incertitude de la position est incomposable avec tout énoncé sur une partie de la région d'incertitude de l'extrémité du vecteur quantité de mouvement, il y a une relation entre les deux domaines qui peuvent être échangés dans une dualité qui n'est pas une corrélation, faisant passer des éléments géométriques aux éléments cinétiques.

3. Si l'on veut faire intervenir les moments de rotation on doit, suivant cette méthode, considérer un troisième système de vecteurs distincts des vecteurs géométriques et cinétiques : le système des vecteurs moments cinétiques. Tout couple d'énoncés comprenant un énoncé sur les moments de rotation et un énoncé sur les vecteurs géométriques ou cinétiques est un couple composable s'il s'agit d'éléments mesurables simultanément, incomposable dans le cas contraire. Si un moment de rotation $\mathcal{M}$ est défini entièrement, un énoncé sur ce moment est incomposable avec tout énoncé sur les vecteurs géométriques ou cinétiques, excepté un énoncé géométrique sur l'axe porté par $\mathcal{M}$, ou un énoncé sur la composante de la quantité de mouvement suivant cet axe.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Remarques au sujet de la théorie de la relativité et de la représentation des phénomènes sur un espace à quatre dimensions.* Note [1] de M. **Jean Loiseau**, présentée par M. Louis de Broglie.

La théorie de la relativité conduit à représenter les mouvements des points par certaines courbes d'un espace-temps riemannien $\mathcal{E}_R$ à quatre dimen-

[1] Séance du 14 novembre 1938.

sions dont le ds^2 est donné ([2]) *a priori* dans le cas statique sous la forme

$$ds^2 = -(\omega_1)^2 - (\omega_2)^2 - (\omega_4)^2 + A^2(q_1, q_2, q_3, t)\,dt^2, \tag{1}$$

les ω_i étant des formes différentielles linéaires de quatre variables indépendantes q_1, q_2, q_3, t; t est une variable *le temps* qui est universelle pour tous les points considérés.

Les conditions du problème envisagé déterminent dans l'espace-temps une famille de courbes C qui représentent les mouvements des points considérés.

Soit τ l'abscisse curviligne sur la courbe C qui passe au point $M(q_1, q_2, q_3, t)$; à chaque point M de l'espace-temps $\mathcal{E}_R$ est ainsi affectée une valeur bien déterminée de τ.

La quantité τ, appelée *temps propre*, dépend essentiellement du point considéré et correspond au temps physique. C'est la variable que l'on fait intervenir à la place du *temps* de la mécanique classique dans les équations de Lagrange de la théorie de la relativité.

Si l'on se donne des valeurs des variables q_1, q_2, q_3, τ, les conditions du problème déterminent une famille C, les nombres q_1, q_2, q_3 définissent une courbe C et τ un point sur cette courbe.

L'équation (1) s'écrit aussi

$$ds^2 + (\omega_1)^2 + (\omega_2)^2 + (\omega_3)^2 = A^2\,dt^2. \tag{2}$$

Employons la variable indépendante $s = \tau$ au lieu de t, l'équation (2) prend la forme

$$(\varpi_1)^2 + (\varpi_2)^2 + (\varpi_3)^2 + V_4^2\,d\tau^2 = dS_4^2;$$

le premier membre est le ds^2 d'un certain espace $\mathcal{E}$ à quatre dimensions dans lequel les ϖ_i sont des formes différentielles linéaires des variables q_1, q_2, q_3, τ, et V_4 une fonction de ces variables.

Si $d\tau = 0$

$$(\varpi_1)^2 + (\varpi_2)^2 + (\varpi_3)^2 = dS_t,$$

c'est le ds^2 d'un espace $\mathcal{E}_t$ qui définit l'ensemble des points envisagés au temps τ. Si l'espace est rapporté à un repère euclidien tangent défini par les vecteurs unitaires $I_1 I_2 I_3 I_4$ rectangulaires, les vecteurs $I_1 I_2 I_3$ étant

([2]) J. Haag, *Le problème de Schwartzschild*, Paris.

tangents à $\mathcal{E}_t$, la vitesse du point M est

$$\frac{d\vec{M}}{d\tau} = \frac{\varpi_1}{d\tau}\vec{I}_1 + \frac{\varpi_2}{d\tau}\vec{I}_2 + \frac{\varpi_3}{d\tau}\vec{I}_3 + V_4\vec{I}_4,$$

V_4 est sa vitesse normalement à l'espace $\mathcal{E}_t$. Sous la forme (2) on reconnaît le ds^2 déjà considéré dans de précédentes Notes ([3]). L'accélération et le vecteur vitesse en chaque point sont dans l'hyperplan euclidien $E_4(I_1, I_2, I_3)$.

La représentation de l'espace physique sur l'espace $\mathcal{E}$ est évidemment plus générale que celle de l'espace-temps habituel, car rien n'empêche de supposer que cet espace n'est pas Riemannien.

Elle est aussi plus logique et plus simple que sur l'espace-temps, en particulier les points à l'instant τ forment un espace réel; l'égalité vectorielle $\vec{F} = m\vec{\Gamma}$, m étant la masse, qui résume les lois de la dynamique classique, est valable, à l'opposé de ce qui se passe sur l'espace-temps; le champ électromagnétique se représente sans que le principe de la conservation de l'énergie et celui de l'égalité de l'action et de la réaction ne soient contredits.

L'espace $\mathcal{E}$ ne peut être considéré comme euclidien que si, par un changement convenable de variables son ds^2 peut se mettre sous la forme $(dx_1)^2 + (dx_2)^2 + (dx_3)^2 + (dx_4)^2$, c'est-à-dire si les liaisons sont holonomes et réciproquement.

Pour aboutir à des représentations complètes d'éléments physiques il faut naturellement préciser l'espace $\mathcal{E}_t$. Si, par exemple, on considère des liaisons holonomes et si l'espace $\mathcal{E}_t$ est supposé permanent, $\mathcal{E}_t$ est en général une hypersurface minimum doublement de révolution autour de deux plans orthogonaux ([4]) dont la génératrice, qui dépend de deux paramètres, est doublement asymptote aux bissectrices de deux droites rectangulaires situées dans les plans de rotation, elle oscille et s'entrelace autour de ces asymptotes.

Les trajectoires situées sur cette hypersurface sont des lignes asymptotiques; si elles sont permanentes, ce sont des hypercirconférences quantifiées.

P. Painlevé a démontré ([5]) que les équations de Lagrange peuvent

(3) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1381 et 1980; **200**, 1935, p. 1018.

(4) *Bull. de la Soc. Math. de France*, **22**, 1894, p. 136.

(5) Ou exceptionnellement autour d'un axe.

donner les trajectoires indépendamment de la vitesse des points qui les parcourent; les trajectoires se partagent en trajectoires vraies et en trajectoires conjuguées; ces dernières seraient vraiment parcourues sous l'action des forces égales et opposées à celles qui ont été appliquées. On passe d'un système de trajectoires à l'autre en changeant t en it dans les équations de Lagrange. Dans le cas de la théorie de la relativité restreinte, si l'on change t et τ respectivement en it et $i\tau$, on obtient :

$$d\tau^2 = dq_1^2 + dq_2^2 + dq_3^2 + c^2\,dt^2; \qquad (3)$$

les trajectoires vraies et les trajectoires conjuguées s'échangent lorsque l'on passe de l'espace $\mathcal{E}$ défini par (3) à l'espace-temps $\mathcal{E}_R$.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les orbites stables d'un problème réduit de trois corps.* Note [1] de M. **Assène Datzeff**, présentée par M. Louis de Broglie.

Considérons trois points matériels $A_i (i = 1, 2, 3)$ de masse m_i, en mouvement dans un plan. A_1 possède la charge $-e$, et $A_3 + e$. Soient G le centre de gravité du système $(A_1 A_2)$, α — l'angle $A_1 G A_3$, et posons $r_{ik} = A_i A_k$, $r = GA_3$. Supposons des conditions initiales telles que $A_1 A_2 \ll GA_3$. L'énergie potentielle du système est $U = \Sigma m_i m_k / r_{ik} - e^2/r_{13}$. A partir du triangle $A_1 A_3 G$ on peut calculer r_{13} en fonction de r, de $A_1 G$ et de α; de même pour r_{23}. De ces formules on peut tirer les valeurs de $1/r_{13}$ et de $1/r_{23}$ en développant en série par rapport à la grandeur très petite r_{12}/r, et en se limitant aux termes du premier ordre. Le calcul élémentaire donne pour U

$$U = \frac{m_1 m_2}{r_{12}} + \frac{m_3 m_{12} - e^2}{r} - e^2 \frac{m_2}{m_{12}} \frac{r_{12}}{r^2} \cos\alpha, \qquad (1)$$

avec $m_{12} = m_1 + m_2$. Le dernier terme, que l'on indiquera par S (terme perturbateur) est petit par rapport aux deux autres, puisqu'il contient le facteur r_{12}/r. Rapportons le corpuscule A_2 à un système de coordonnées rectangulaires d'origine A_1 et G à un système rectangulaire d'origine A_3, et d'axes parallèles aux axes précédents. On peut former facilement à l'aide de ces coordonnées l'équation de Hamilton-Jacobi. Si l'on néglige

[1] Séance du 14 novembre 1938.

en première approximation le terme S, cette équation se décompose en deux autres : la première donne le mouvement relatif du système ($A_1 A_2$), et la seconde celui du système GA_3. On aura donc deux problèmes de deux corps.

Puisque S est petit, nous trouverons la deuxième approximation par la méthode des perturbations en Mécanique céleste ([2]). Dans le problème de deux corps, l'orbite est caractérisée par six constantes a_k. S'il y a une perturbation extérieure S, les a_k varient lentement avec le temps. Pour plus de simplicité nous supposerons que les deux coniques sont des cercles. Donc r et r_{12} sont des constantes. La formule qui donne la variation du grand demi-axe (le rayon) pour une période τ est, d'après [([2]), p. 115],

$$(2) \qquad \Delta\sqrt{m_3 m_{12}}\sqrt{r} = -\int_0^\tau \frac{\partial S}{\partial w}\,dt,$$

où $w = (2\pi/\tau)(t - t_0)$. Soient θ_1 et θ les angles que font les rayons vecteurs $A_1 A_2$ et GA_3 avec une direction fixe. On aura $\alpha_1 = \theta_1 - \theta$. Puisque l'excentricité des orbites est supposée nulle,

$$\theta = w \qquad \text{et} \qquad \theta_1 = \left(\frac{2\pi}{\tau_1}\right)(t - t_1)$$

et l'on aura

$$(3) \qquad \alpha = 2\pi\left(\frac{1}{\tau_1} - \frac{1}{\tau}\right)t + \text{const.}$$

On voit que si le rapport τ/τ_1 est un entier, la variation $\Delta\sqrt{r}$ est nulle pendant une période τ, et l'orbite sera stable. On peut préciser davantage cette condition. Puisque les mouvements sont supposés circulaires, on peut écrire

$$(4) \qquad \tau_1 = \frac{2\pi r_{12}}{v_1} = \frac{2\pi m_{12} v_1 r_{12}}{m_{12} v_1^2} = \frac{\pi p_1}{T_1},$$

où les constantes v_1, p_1, T_1 indiquent, dans le mouvement relatif du système ($A_1 A_2$) : v_1 vitesse linéaire, p_1 somme des moments de la quantité de mouvement de m_1 et de m_2 par rapport au centre, et T_1 l'énergie cinétique. On aura d'une façon analogue $\tau = \pi p/T$.

Pour que α croisse de 2π pendant une période τ, il faut avoir les relations (puisque p et T sont des constantes indépendantes)

$$(5) \qquad p = np_1, \qquad T = \frac{1}{lk}T_1 \qquad (n, l, k = 1, 2, \ldots).$$

([2]) PH. FRANCK, *Handb. Phys. Techn. Mechanik*, II, 1930, p. 99-132.

Donc $\tau = \pi p/T = nl^k\tau_1$. On sait que la première condition (5) impose à l'énergie totale $E = -T$ du système $(A_3 G)$ d'être de la forme $E = \text{const}/n^2$, comme le donnent les calculs pour l'atome de Bohr. Mais cette dernière condition est compatible avec la deuxième relation (5) pour $l = n$ et $k = 2$.

Puisque le système $(A_1 A_2)$ est traité comme un corpuscule qui possède une période propre τ_1, et dont le centre de gravité se déplace avec une vitesse v, on peut lui attribuer, d'après la théorie élémentaire des ondes, une onde de longueur d'onde $\lambda = v\tau_1$. Mais d'après le résultat précédent, $\tau = 2\pi np_1/m_{12}v^2 = \pi n^3\tau_1$, donc $\tau_1 = 2p_1/m_{12}v^2 n^2$. Par conséquent $\lambda = v\tau_1 = 2p_1/n^2 m_{12} v$. On trouve immédiatement $2\pi\tau/\lambda = \pi n^3$, qui se transforme facilement en la relation $p = np_1$, déjà trouvée.

Les résultats précédents suggèrent l'hypothèse que l'électron n'est pas un corpuscule simple, mais un système de corpuscules. Faisons l'hypothèse la plus simple, en considérant l'électron comme composé de deux corpuscules $A_1(m_1, -e)$ et $A_2(m_2)$, et le proton comme corpuscule $A_3(m_3, +e)$. Le système ainsi formé, d'après les calculs précédents, reproduit l'atome de Bohr pour l'hydrogène, la constante de Planck étant remplacée par $2\pi p_1$. Le résultat sera le même en première approximation, si le proton est aussi un système, à cause de la masse très grande du proton. La longueur d'onde, définie plus haut, ne diffère de la longueur d'onde de de Broglie que par le facteur $1/\pi n^2$. Pour un atome à plusieurs électrons on retrouve de même l'atome de Bohr.

ACOUSTIQUE. — *Sur la mesure du temps de réverbération acoustique.* Note de M. **Pierre Chavasse**, présentée par M. Camille Gutton.

La théorie de la mesure de réverbération repose essentiellement sur la formule approximative de Sabine pour la représentation de la décroissance du son $i_a = I_a e^{-14(t/T)}$.

Dans cette formule, qui suppose une diffusion et un brassage complet et régulier des ondes sonores, i_a est l'intensité acoustique à l'instant t, et T est le temps de réverbération, c'est-à-dire le temps que met l'intensité du son à décroître jusqu'au millionième de sa valeur I_a. Si l'on fait intervenir la pression p sur le diaphragme d'un microphone placé dans le champ acoustique, ou l'intensité électrique i_e à la sortie de ce système microphonique, on a les formules correspondantes en remplaçant dans l'expression précédente 14 par 7.

De nombreuses méthodes ont été proposées et appliquées pour mesurer T.

Nous étudierons simplement les dispositifs suivants qui ne paraissent pas avoir été signalés jusqu'ici et supposent l'emploi d'un microphone et d'un amplificateur associé à un système de mesure différentiel.

A. *Cas d'un amplificateur linéaire.* — Par la différenciation de l'équation du courant i_e on a, à l'instant initial $t = 0$,

$$-\left(\frac{di_e}{dt}\right)_{t=0} = \frac{7\,I_e}{T}\left(e^{-7\frac{t}{T}}\right)_{t=0} = \frac{7\,I_e}{T} = \operatorname{tang}\varphi.$$

Sous cette forme apparaît le fait que la valeur absolue du coefficient angulaire $\operatorname{tang}\varphi$ de la tangente à l'origine de la courbe représentée par cette équation est égale au produit de l'intensité initiale par 7 fois l'inverse du temps de réverbération T. Pour le mesurer, il suffit de placer à la sortie de l'amplificateur microphonique une diode dont le courant-plaque attaque le primaire d'un transformateur et de fermer le secondaire de ce dernier sur un voltmètre de crête. La surtension à l'instant initial est égale à

$$e = \alpha\left(\frac{di_e}{dt}\right)_{t=0} - 7\alpha\frac{I_e}{T}.$$

Elle est enregistrée par un voltmètre de crête et peut être lue, dès que les oscillations de l'aiguille de l'appareil indicateur sont arrêtées. La sensibilité se règle de diverses manières et, notamment, en agissant sur le rapport de transformation du transformateur.

Remarques. — *a.* Comme cela a déjà été dit, la méthode suppose que la loi de décroissance est effectivement exponentielle, du moins avec une approximation suffisante.

b. Il faut que le son soit convenablement diffusé dans la salle, sans écho appréciable et sans ondes stationnaires. Pour éviter ces dernières, il est préférable de recourir à des sons à bande continue (bruit de lampe, par exemple), dont on extrait la bande voulue au moyen d'un filtre à bande étroite incorporé à l'amplificateur.

c. La sensibilité est d'autant plus grande que le temps de réverbération est plus petit. L'expérience a montré que pour des temps de 0,05 à 10 secondes sans écho distinct, le résultat des mesures était très satisfaisant.

B. *Cas d'une amplification logarithmique.* — Une modification importante de la méthode précédente permet de généraliser la mesure et de l'étendre à toute la période de la décroissance du son, en agissant sur la forme du courant i_e, ce qui évite l'action prépondérante de la variation de

l'intensité à l'instant où l'on coupe la source sonore. Elle consiste à substituer à l'amplificateur linéaire A un amplificateur logarithmique B couvrant un intervalle de 60 décibels. Le courant i'_e à la sortie de B a alors pour expression

$$i'_e = \mu \operatorname{Log} i_e = \mu \operatorname{Log} I_e - 7 \mu t T^{-1},$$

dans laquelle μ est une constante de l'appareil. La courbe représentative est donc une ligne droite L, inclinée sur l'axe des temps d'un angle ψ, tel que $\operatorname{tang}\psi = 7\mu T^{-1}$. La surtension e' est ici encore proportionnelle à di'_e/dt,

$$e' = h \frac{di'_e}{dt} = -7 \mu h T^{-1} = \frac{\beta}{T}.$$

Elle est donc indépendante du moment où l'on exécute la mesure et de la valeur de l'intensité initiale.

C. *Emploi de l'appareil à amplificateur logarithmique et d'un fluxmètre.* — Une variante des méthodes précédentes consiste à substituer au milliampèremètre de sortie un fluxmètre, qui n'est mis en circuit que pendant un temps connu τ : ce temps τ ne représente qu'une partie de la durée globale de la décroissance du son. Il est d'ailleurs arbitrairement choisi une fois pour toutes, tout en demeurant inférieur à T. Dans cette hypothèse en appelant q la quantité d'électricité mesurée au fluxmètre

$$q = \int_0^{\tau} h' e' \, dt = \frac{h' \tau}{T}.$$

La sensibilité du dispositif C, comme celle des méthodes A et B, est inversement proportionnelle à T, contrairement à ce qui se passe dans la méthode d'intégration normale. D'autre part, l'emploi d'un voltmètre à caractéristique logarithmique permet de donner à l'ensemble une sensibilité comparable à celle de l'oreille, et de réduire l'importance des sons captés par le microphone immédiatement après l'arrêt de la source sonore.

ÉLECTRICITÉ. — *Modification artificielle de certaines constantes d'un galvanomètre.* Note de M. **Étienne Hochard**, présentée par M. Aimé Cotton.

Si l'on place un galvanomètre dans le circuit d'une cellule photoélectrique et si on éclaire cette cellule par un faisceau lumineux commandé par le miroir du galvanomètre, l'équation du mouvement de l'équipage de ce galvanomètre se trouve modifiée.

On peut écrire cette équation dans le cas simple suivant : le miroir du galvanomètre donne, d'une fente horizontale, une image F uniformément éclairée qui se forme dans le plan d'un écran E à bord vertical. Le flux lumineux que laisse passer l'écran E est reçu intégralement par la cellule. On suppose dans ce qui suit que le bord vertical de E coupe toujours l'image F.

Le circuit étant coupé, la partie de la fente non interceptée par l'écran E a une longueur X; si l'on ferme le circuit, le flux transmis par cette portion X tend à produire un déplacement GX de F (G est compté positivement si le déplacement de F tend à produire une augmentation du flux transmis). La nouvelle position d'équilibre définie par la longueur X_0 est donnée par la relation $GX_0 = X - X_0$, c'est-à-dire $X_0 = X/1 + G$.

Lorsque $(1 + G)$ est positif, il est toujours possible de choisir la position de E pour que l'équilibre précédent puisse être réalisé. Les mouvements de l'équipage du galvanomètre autour de cette nouvelle position d'équilibre sont régis par l'équation

$$I\theta'' + F\theta' + C(1 + G)\theta = 0.$$

Tout se passe comme si la constante de torsion du fil de suspension du galvanomètre était multipliée par $(1 + G)$. La sensibilité est alors multipliée par le facteur $M = 1/1 + G$. La période et la résistance critique sont multipliées par $\sqrt{M}$ (si l'on néglige l'amortissement par l'air).

1re *application. Augmentation de la sensibilité d'un galvanomètre.* — Il suffit de choisir G de façon que M soit supérieur à 1. Le fait que la période et la résistance critique ne sont multipliées que par $\sqrt{M}$, lorsque la sensibilité est multipliée par M, permet de donner à M des valeurs assez notables sans que ses nouvelles constantes rendent le galvanomètre inutilisable.

La stabilité de zéro d'un tel ensemble dépend de la stabilité de G et de la qualité du fil de suspension qui est soumis à une torsion permanente. Pratiquement on peut régler la position de l'écran E de façon que cette torsion soit très faible. D'autre part G étant petit, il suffit d'utiliser le flux lumineux peu intense produit par une lampe sous-voltée; la valeur de G est alors très constante.

Un tel dispositif, réalisé avec un galvanomètre Chauvin-Arnoux et une cellule à vide Philips, a permis de vérifier cette stabilité de zéro pour des valeurs de M comprises entre 5 et 10.

2e *application. Réalisation d'un flux lumineux constant.* — On peut

choisir G très grand (de l'ordre de 100 par exemple, $N \neq 1/100$), il est alors facile de voir qu'une variation relative de la brillance de la source se traduit par une variation relative M fois plus faible du flux transmis par l'écran E. Pour des variations de brillance du filament de la lampe de 10 pour 100 le flux transmis est stable à 1/1000 près.

La période du galvanomètre étant très réduite du fait que G est grand, l'équilibre est atteint très rapidement et, pour les variations rapides de brillance, la stabilisation du flux atteint effectivement la précision indiquée. Mais pour les variations lentes la précision est un peu moins bonne du fait de modifications possibles de la sensibilité de la cellule et du zéro du galvanomètre. Il est d'ailleurs possible de vérifier fréquemment ce zéro et de compenser ses déplacements par des déplacements identiques de l'écran E.

Le flux constant ainsi réalisé est évidemment inutilisable, mais il est possible d'utiliser deux fentes identiques superposées dont une seule sert à la stabilisation.

L'expérience, réalisée avec une lampe, branchée sans précautions sur un secteur alternatif dont la tension est très variable, a vérifié complètement les prévisions théoriques.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Sur une évaluation des pouvoirs rotatoires magnétiques spécifiques du nitrate ferrique dissous et d'un sulfate cérique.* Note [1] de M. **H. Ollivier**, transmise par M. Pierre Weiss.

I. La transparence et le pouvoir rotatoire magnétique de solutions concentrées de nitrate ferrique dans des mélanges d'eau et d'acide azotique [2], préparées depuis 4 à 100 jours, ont été mesurés au moyen des appareils déjà décrits [3]. L'étude a porté principalement sur deux

(1) Séance du 14 novembre 1938.

(2) Le nitrate a été choisi parmi les sels ferriques parce que l'ion NO^3 est, au point de vue magnétooptique, très peu actif. Les propriétés physicochimiques, optiques, magnétiques des sels ferriques et de leurs solutions, surtout diluées, ont donné lieu à de nombreuses publications, notamment de Tian, de Lallemand (*Thèse de Strasbourg*, 1934), Miss C. E. Richards et R. W. Roberts (*Phil. Mag.*, 7e série, 3, 1927, p. 770), Cathala et Cluzel (*Comptes rendus*, 207, 1938, p. 781); ces auteurs citent aussi les travaux de Foussereau, Antoni, Gigli, Lamb et Jacques.

(3) H. Ollivier, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1326; *Bull. Soc. fr. de Phys.*, 1937, p. 62 S, 119 S, 147 S et *passim*.

régions spectrales appelées rouge ferrique (R. F.) et vert ferrique (V. F.) : le R. F. (6540 ± 125 Å) correspondait au maximum principal de transparence des solutions étudiées, le V. F. (5140 ± 150 Å) au milieu d'une zone secondaire de transparence, qui disparaît quand l'hydrolyse devient notable (¹). Dans tout le domaine exploré, l'indice de réfraction allait en croissant du rouge au bleu.

Les rotations magnétiques, positives, inférieures à celles de l'eau, sont plus grandes pour le V. F. que pour le R. F. tant que le titre τ en nitrate ferrique anhydre ne dépasse pas 0,35 environ; c'est l'inverse pour les solutions plus concentrées. Ainsi, au voisinage de 20°, quand les rotations magnétiques de l'eau étaient 396',0 pour le R. F. et 657',3 pour le V. F., les rotations magnétiques θ étaient

τ.	θ(R. F.).	θ(V. F.).
0,25	216'	316',5
0,33	128'	134'
0,40	108'	89'

Le calcul du pouvoir rotatoire magnétique spécifique G et de son inverse f a été fait par les formules utilisées dans les publications antérieures. Il conduit à la conclusion que G est négatif et non nul (— 1000 G est voisin de 14,2 dans le R. F., de 27,3 dans le V. F., pour $\tau = 0{,}33$). Quand la température s'élève de 0° jusque vers 38°, pour toutes les solutions étudiées, $-f$ croît très lentement (le point de Curie, virtuel, est vers — 350° K.); si la température continue à s'élever, $-f$ reste constant.

On retrouve des résultats de même allure si l'on utilise la radiation verte du mercure, assez fortement absorbée, ou si l'on rapporte la définition du titre à un ion. On ne peut arriver à trouver G = 0 (valeur trouvée pour un corps dans un état S) que si l'on remplace dans les formules le titre τ par le produit $r\tau$, le facteur r étant peu variable et voisin de 2,5. Bien que r diffère du rapport, voisin de 4, de l'abaissement cryoscopique à l'abaissement calculé par la formule de Raoult, ces résultats sont favorables à l'hypothèse de l'existence dans ces solutions d'un ion plus complexe que l'ion ferrique.

II. Un sulfate cérique jaune (Merck), présentant tous les caractères des sels

(¹) Température élevée, acidité diminuée. Le phénomène est réversible entre des limites étendues et se prête à des mesures (au moyen d'une cellule photoélectrique) du titre et du degré d'hydrolyse.

cériques, a été dissous dans l'acide sulfurique dilué ([5]). Il s'est comporté, au point de vue de la polarisation rotatoire magnétique, comme un sel céreux : la valeur de G est négative, son inverse f varie considérablement avec la température, suivant la loi de P. Weiss ($-df : dT = 0,062$ pour $\tau = 0,123$). Une solution de sulfate céreux de même teneur en cérium, étudiée à cette occasion, a donné une droite de Weiss parallèle à la précédente et voisine d'elle. Ce cas n'a donc rien de commun avec ceux des sels de manganèse ou de gadolinium.

L'anion (SO^4 ou anion complexe) est ici peu actif. Le cation, fortement négatif, a les propriétés de l'ion Ce^{+++}. Si l'on ne peut prouver l'existence de complexes, on peut penser que dans l'oxyde qui s'unit à l'acide sulfurique pour former le corps appelé sulfate cérique la valence du cérium n'est pas 4, mais 3; O=O=Ce—Ce=O=O serait l'une des formules possibles de cet oxyde quand il entre en combinaison.

RAYONS X. — *Le pouvoir séparateur et la pénétration du rayonnement X dans les cristaux mosaïques.* Note ([1]) de MM. **V. Dolejšek** et **M. Ježek**, transmise par M. Maurice de Broglie.

Il est connu que les cristaux à structure mosaïque, comme par exemple le chlorure de sodium, sont soumis à une pénétration du rayonnement plus grande que les cristaux idéalement parfaits et, de ce fait, abaissent le pouvoir séparateur, même quand l'influence directe de la structure mosaïque peut être exclue par une disposition symétrique du spectrographe ([2]).

On peut estimer, que pour une pénétration de $0^{mm},01$ des rayons X dans un cristal de NaCl, avec une longueur d'onde moyenne et les distances de spectrographe normales employées jusqu'à présent ($r = 20^{cm}$), l'élargissement de la ligne sera de l'ordre de $10''$ ([3]).

D'autre part, la grandeur de l'imperfection mosaïque correspondant à peu près à $100''$ pour le domaine des longueurs d'onde moyennes ($Cu\,K_\alpha$) se manifestera, dans les méthodes symétriques, seulement par quelques dixièmes de seconde, c'est-à-dire par une influence plus petite que la plus petite imperfection possible des cristaux idéalement parfaits dans une disposition asymétrique.

([5]) Une telle solution, déposée sur du verre argenté, enlève l'argenture aux points touchés, sans faire de bavures. Le titre n'a pas dépassé 0,13; la solubilité diminuait quand la température s'élevait; elle était nulle dans l'eau pure.

([1]) Séance du 8 août 1938.

([2]) J. Bačkovský, *Nature*, **141**, 1938, p. 872.

([3]) V. Dolejšek et J. Klein, *Nature*, **139**, 1937, p. 886.

Dans le cas des cristaux parfaits la pénétration a, en effet, d'après la théorie une valeur de $0^{mm},001$ (indépendante de la longueur d'onde) et peut causer, avec un rayon de spectrographe de 20^{cm}, un élargissement correspondant à $1''$.

Il s'ensuit donc que, dans une disposition symétrique, nous devons craindre, non seulement pour les cristaux mosaïques, mais aussi pour les cristaux parfaits, un abaissement du pouvoir séparateur, causé en premier lieu par la pénétration du rayonnement dans le cristal.

La pénétration du rayonnement dans le cristal se manifeste moins quand on emploie une distance cristal-plaque photographique plus grande. Nous avons comparé les pouvoirs séparateurs limites, obtenus avec les distances les plus grandes possibles. Pour des raisons pratiques il ne convient pas que, pour une fente d'environ $0^{mm},02$, les temps d'exposition dépassent 2 heures. En employant un cristal plan de sel gemme, il est possible de choisir une distance où le chemin total des rayons atteigne 6^{m} (le rayon du spectrographe étant 3^{m}).

Voici les résultats obtenus avec quelques cristaux :

Temps de l'expos.	Fente-cristal.	Cristal-plaque.	Largeur moyenne α_1(X. U.).	α_2(X. U.).		Cristal.
min 30.....	cm 25	cm 141	0,50	0,63	–	Si(O² non corrodé) disposition asymétrique.
30.....	25	300	0,54	0,65	–	(idem)
60.....	100	100	0,45	0,66	–	SiO^2 (corrodé).
120.....	100	100	0,35	0,64	–	SiO^2, focalisation d'après Kunzl.
120.....	300	300	0,36	0,65	$\alpha'_2\,\Delta\lambda=0,40$	NaCl (plan).
120.....	300	300	0,38	0,63	–	ZnS (plan).

Comme le montre la comparaison des largeurs des lignes CuK_{α_1} non corrigées obtenues dans une disposition asymétrique avec SiO^2, le pouvoir séparateur n'est pas plus grand, mais au contraire plus petit qu'avec un cristal de NaCl d'une imperfection mosaïque de l'ordre de $100''$ dans une disposition symétrique.

Le tableau montre encore que la plus petite largeur (non corrigée), obtenue avec le quartz (non corrodé), dans une disposition symétrique, par une méthode de focalisation et une distance de 2^{m}, s'accorde avec celle que fournit un cristal de NaCl plan avec une distance de 6^{m}, les temps d'exposition étant les mêmes. Ces deux largeurs sont encore plus petites que les valeurs non corrigées relatives à CuK_{α_1} données par un spectromètre à double cristal.

La largeur de la ligne CuK_{α_2} est en général plus grande et atteint environ 0,65 X.U. Mais sur quelques photographies il semble que la largeur propre de cette ligne ne soit pas plus grande que celle de CuK_{α_1}, mais qu'il s'agisse d'une ligne composée, présentant vers les grandes longueurs d'onde un élargissement d'environ 0,4 X. U. Cet élargissement (s'il est réel) s'accorderait avec les observations de Davis et Purks ([4]) faites vraisemblablement sur un cristal très parfait.

Ces résultats font ressortir qu'en employant de grandes distances, on peut obtenir avec les cristaux mosaïques un pouvoir séparateur égal à celui des cristaux parfaits.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'adhérence des armatures au béton dans le béton armé.* Note ([1]) de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai montré ([2]) que la solidarité entre l'armature et le béton, dans le béton armé, est due au retrait du béton pendant la prise et le durcissement.

Considérant une barre de fer de rayon r_1 enrobée dans un cylindre coaxial de béton de rayon r_2, j'ai trouvé pour l'adhérence, la valeur

$$(1)\qquad \mathrm{A} = \frac{fc\mathrm{E}}{\sigma + \dfrac{\left(\dfrac{r_2}{r_1}\right)^2 + 1}{\left(\dfrac{r_2}{r_1}\right)^2 - 1} + \dfrac{1 - \sigma'}{\mathrm{E}'}\mathrm{E}} = fp,$$

p, pression du béton sur le fer; f, coefficient de friction du fer contre le béton; c, coefficient de contraction du béton; E, E′, σ, σ', coefficients d'élasticité et rapports de Poisson, pour le béton et pour le fer.

Pour déterminer expérimentalement la valeur de l'adhérence, on mesure la force nécessaire pour arracher la barre du béton et, d'habitude, on la répartit uniformément sur la surface de contact. En réalité, on obtient ainsi une moyenne, car, du fait de la variation du diamètre de la barre sous l'action de la force d'arrachement, l'adhérence varie considérablement le long de la barre.

([4]) *Phys. Rev.*, 31, 1928, p. 931.

([1]) Séance du 14 novembre 1938.

([2]) *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 21.

Autant que je sache la loi de cette variation n'est pas connue; pour les barres calibrées et polies, on peut l'établir comme il suit :

Soit T_1 la force (par cm^2) qu'il faut appliquer à la barre pour l'arracher. T_1 provoque une tension qui varie de T_1 à l'extrémité N point d'application de la force, à zéro à l'autre extrémité M.

Soient T et $T + dT$ les tensions aux distances x et $x + dx$ au point M, et p la pression du fer sur le béton à cet endroit.

L'élément de barre de longueur dx, au moment où la barre commence à glisser sur toute sa longueur ([3]), se trouve soumis à la force $\pi r_1^2 \, dT$, compensée par l'adhérence $2\pi r_1 fp \, dx$; égalant ces deux forces, on obtient

$$(2) \qquad dT = \frac{2}{r_1} fp \, dx.$$

L'élément dx sous l'action de la tension T se contracte de $\sigma' T/E'$, et les choses se passent comme si la contraction du béton était réduite d'autant. La valeur de p selon la formule (1) devient ainsi

$$p = \frac{c - \dfrac{\sigma' T}{E'}}{D} E,$$

D étant le dénominateur de la formule (1).

Remplaçant dans (2) p par sa valeur et intégrant avec la condition $x = 0$, $T = 0$, on obtient

$$(4) \qquad T = \frac{cE'}{\sigma'}(1 - e^{-nx}), \qquad \text{avec} \quad n = \frac{2\sigma' E f}{r_1 D E'}.$$

La loi cherchée de la variation de l'adhérence avec la distance x est, en appelant A_x l'adhérence au point x :

$$(5) \qquad A_x = fp = \frac{r_1}{2} \frac{dT}{dx} = A e^{-nx}.$$

La force par centimètre carré d'armature nécessaire à l'arrachement de la barre est

$$(6) \qquad T_1 = \frac{cE'}{\sigma'}(1 - e^{-nl}).$$

([3]) On suppose qu'à ce moment tout collage éventuel entre barre et béton a disparu, collage sur lequel, d'ailleurs, on ne peut pratiquement pas compter. On néglige aussi l'élasticité longitudinale du béton.

Si, pour être arrachée, au lieu d'être tendue (T_1), la barre est comprimée (P_1), les formules (5) et (6) deviennent

$$A_x = A\,e^{nx} \tag{5'}$$

et

$$P_1 = \frac{cE'}{\sigma'}(e^{nl} - 1). \tag{6'}$$

L'adhérence moyenne, telle qu'on la déduit habituellement de l'expérience, sera donc

$$A_m = \frac{T_1 r_1}{2l} \quad \text{ou} \quad A_m = \frac{P_1 r_1}{2l}.$$

Les expressions (6) et (6′) permettent la *détermination expérimentale du retrait* (c), *intervenant réellement dans le béton armé, ainsi que du produit* fE, par la mesure de T_1 et P_1.

On tire en effet de (6) et (6′), en y remplaçant n par sa valeur

$$c = \frac{\sigma'}{E'\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{P_1}\right)}; \qquad fE = \frac{rDE'}{2\sigma' l}\log\frac{P_1}{T_1}.$$

Des expériences faites par M. Hangan (*Thèse* de Bucarest, 1938) on déduit, en prenant

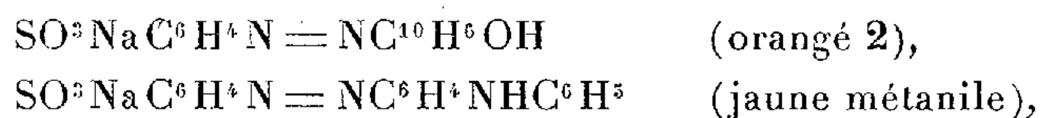
$$E' = 2\,100\,000 \text{ kg/cm}^2, \qquad \sigma = 0{,}2, \qquad \sigma' = 0{,}3,$$

les résultats *moyens* suivants, *qui doivent être regardés comme provisoires*,

$$c = 0{,}00012; \qquad fE = 147\,000 \text{ kg/cm}^2.$$

CHIMIE PHYSIQUE. — *La réduction de l'orangé 2 et du jaune métanile à l'électrode à gouttes de mercure*. Note (¹) de Mlle **Hoang thi Nga**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons étudié la réduction de ces substances à l'aide du polarographe qui enregistre automatiquement des courbes d'électrolyse avec une électrode à gouttes de Hg. L'orangé 2 et le jaune métanile de formule



$SO^3NaC^6H^4N = NC^{10}H^6OH$ (orangé 2),

$SO^3NaC^6H^4N = NC^6H^4NHC^6H^5$ (jaune métanile),

ont été dissous dans des solutions aqueuses d'acides, de bases ou de sels

(¹) Séance du 24 octobre 1938.

minéraux (électrolytes de base). Les solutions ont été débarrassées de l'oxygène qui pourrait se réduire à la cathode par un passage prolongé d'hydrogène. Les accumulateurs employés ont une force électromotrice de 2 ou 4 volts.

Nous avons employé dans nos mesures comme électrolytes de base des solutions tamponnées de pH déterminé, les valeurs de ce dernier ont été prises de 1 à 13; la concentration moléculaire des substances organiques est de 1/6000 normale. Nous avons trouvé qu'elles donnent lieu dans ces conditions à des paliers de réduction très nets, et la réduction se fait d'autant plus tard que le pH du milieu est plus grand ainsi que le montrent les Tableaux I et II.

En assimilant l'électrode à gouttes de Hg à une électrode à hydrogène, l'analyse mathématique des courbes courant-tension obtenues a permis d'évaluer le nombre n d'atomes d'hydrogène nécessaires à la réduction, nous avons trouvé qu'il est égal à 2 pour l'orangé 2 et pour le jaune métanile (Tableaux I et II).

Tableau I. — *Concentration moléculaire de l'orangé* 2 1/6000.

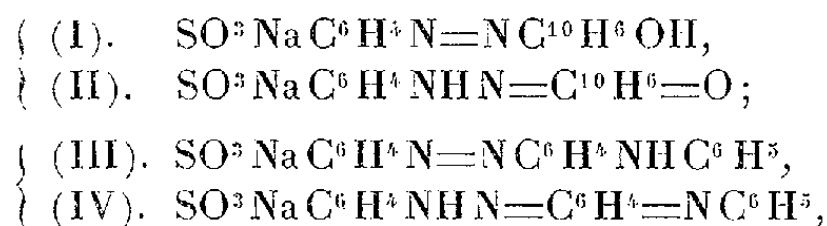
pH de l'électrolyse de base.	πa (10^{-3} volt).	π (10^{-3} volt) (²).	n.
1,038	113,81	2,54	2
2,972	128,04	−273,35	1,95
6,979	105,57	−482,59	2,1
8,043	96,81	−561,30	2,1
9,94	111,54	−667,02	2,1
11,04	92,12	−682,36	
12,32	−17,27	−708,42	1,97

Tableau II. — *Concentration moléculaire du jaune métanile* 1/6000.

pH de l'électrolyte de base.	πa (10^{-3} volt).	π (10^{-3} volt).	n.
1,925	122	−150,33	2,05
2,972	126,04	−164,51	
3,948	124,52	−189,32	1,99
4,958	193,59	−236,9	
5,906	97,32	−294,92	2,05
6,979	104,92	−401,98	
8,043	105,43	−493,14	2
9,94	5,57	−585,47	2,08
11,04	77,55	−681,78	
12,32	−24,83	−723,33	1,99

(²) Ces potentiels ont été mesurés par rapport à une électrode au calomel saturé.

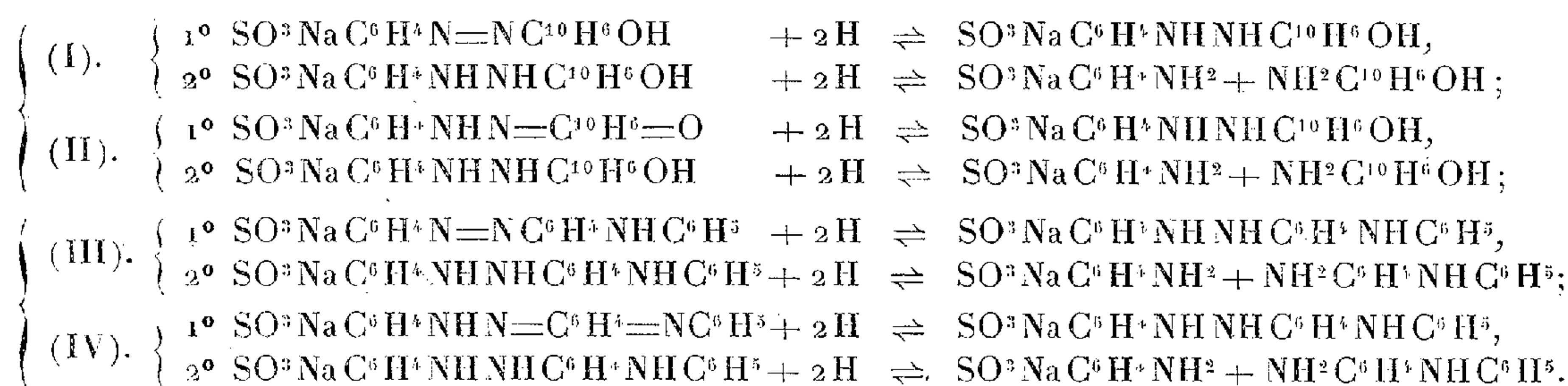
Si l'on examine ces colorants au point de vue chimique, on constate que chacun d'eux peut exister dans la solution sous deux formes tautomères, la forme azoïque et la forme quinonique :



$$\begin{cases} \text{(I).} & SO^3NaC^6H^4N{=}NC^{10}H^6OH, \\ \text{(II).} & SO^3NaC^6H^4NHN{=}C^{10}H^6{=}O; \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{(III).} & SO^3NaC^6H^4N{=}NC^6H^4NHC^6H^5, \\ \text{(IV).} & SO^3NaC^6H^4NHN{=}C^6H^4{=}NC^6H^5, \end{cases}$$

et dont les réductions se feraient suivant les réactions



$$\text{(I).}\begin{cases} 1^o & SO^3NaC^6H^4N{=}NC^{10}H^6OH + 2H \rightleftharpoons SO^3NaC^6H^4NHNHC^{10}H^6OH, \\ 2^o & SO^3NaC^6H^4NHNHC^{10}H^6OH + 2H \rightleftharpoons SO^3NaC^6H^4NH^2 + NH^2C^{10}H^6OH; \end{cases}$$

$$\text{(II).}\begin{cases} 1^o & SO^3NaC^6H^4NHN{=}C^{10}H^6{=}O + 2H \rightleftharpoons SO^3NaC^6H^4NHNHC^{10}H^6OH, \\ 2^o & SO^3NaC^6H^4NHNHC^{10}H^6OH + 2H \rightleftharpoons SO^3NaC^6H^4NH^2 + NH^2C^{10}H^6OH; \end{cases}$$

$$\text{(III).}\begin{cases} 1^o & SO^3NaC^6H^4N{=}NC^6H^4NHC^6H^5 + 2H \rightleftharpoons SO^3NaC^6H^4NHNHC^6H^4NHC^6H^5, \\ 2^o & SO^3NaC^6H^4NHNHC^6H^4NHC^6H^5 + 2H \rightleftharpoons SO^3NaC^6H^4NH^2 + NH^2C^6H^4NHC^6H^5; \end{cases}$$

$$\text{(IV).}\begin{cases} 1^o & SO^3NaC^6H^4NHN{=}C^6H^4{=}NC^6H^5 + 2H \rightleftharpoons SO^3NaC^6H^4NHNHC^6H^4NHC^6H^5, \\ 2^o & SO^3NaC^6H^4NHNHC^6H^4NHC^6H^5 + 2H \rightleftharpoons SO^3NaC^6H^4NH^2 + NH^2C^6H^4NHC^6H^5. \end{cases}$$

Puisque $n = 2$, il est logique d'admettre que les réductions se sont faites, ou suivant les premières réactions des groupes (I) et (III), ou suivant les premières réactions des groupes (II) et (IV) et que les colorants se sont transformés en hydrazines substituées; et l'on peut penser que dans les limites de l'expérience la réduction s'est faite principalement suivant les unes ou les autres de ces réactions et non suivant les deuxièmes équations de ces mêmes groupes qui indiquent que la réduction nécessite également 2H, car il faut que les colorants soient d'abord réduits pour donner naissance à la présence des hydrazines substituées dans la solution. La réduction semble donc s'arrêter à la première phase sans qu'il y ait rupture des molécules.

COLLOÏDES. — *Remarques touchant l'action de l'alcool sur les systèmes colloïdaux à particules hydrophiles.* Note (¹) de MM. **Wilfried Heller** et **Étienne Vassy**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les colloïdes hydrophiles se distinguent des colloïdes hydrophobes parce qu'ils sont très sensibles aux électrolytes, qui les coagulent diffici-

(¹) Séance du 7 novembre 1938.

lement. Ils deviennent par contre sensibles si l'on ajoute aux solutions aqueuses de l'alcool ou de l'acétone. H. Kruyt a admis que ces corps déshydratent les particules qui deviendraient ainsi hydrophobes.

L'addition d'alcool conduit encore à une altération optique des systèmes : ils deviennent opaques ([2]). Nous considérons la gélatine. L'absorption provient alors (dans le visible) uniquement de la diffraction. Si l'hypothèse de Kruyt est exacte, l'augmentation de la diffraction par l'addition d'alcool devra être considérée comme la conséquence d'une déshydratation ([3]).

E. Heymann a examiné les variations du volume spécifique V d'une solution de gélatine pure. Admettant qu'elles renseignent sur les changements de l'hydratation des particules, il a trouvé ([4]) que les particules sont plus hydratées aux basses températures et que le degré d'hydratation caractéristique pour une température donnée est beaucoup plus vite atteint dans une solution préalablement refroidie (II) que dans une solution préalablement chauffée (I). Ses résultats sont reproduits dans la figure 1. Nous

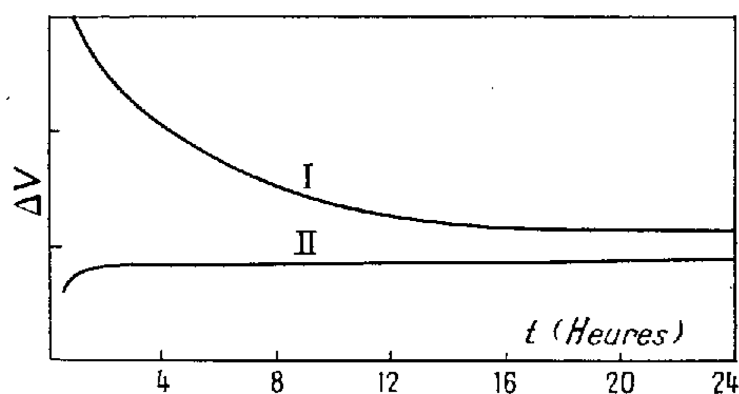


Fig. 1.

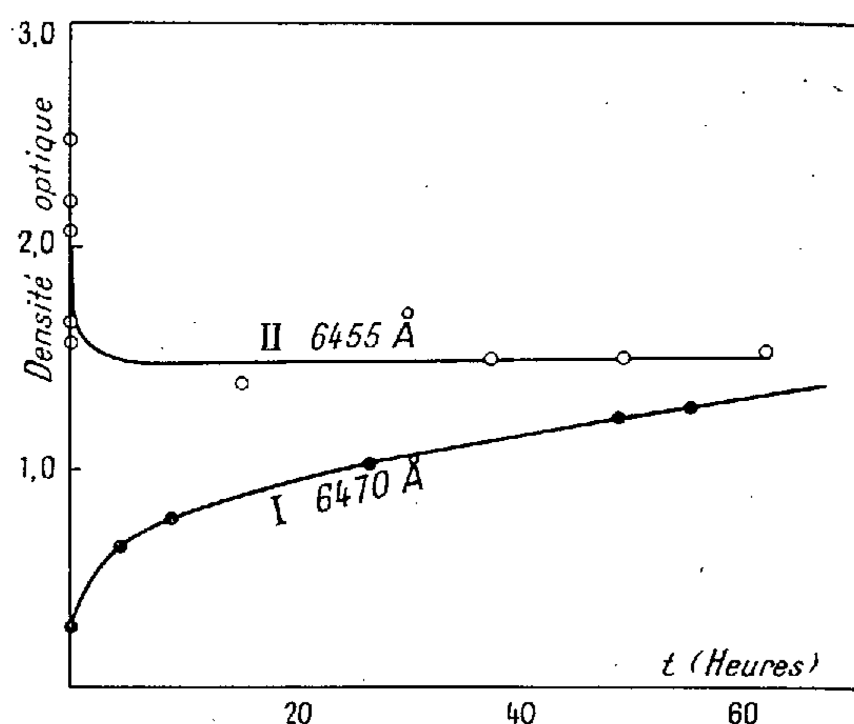


Fig. 2.

avons repris cette étude en suivant la variation de la diffraction, mais nous avons préféré utiliser une solution de gélatine (Nelson) additionnée d'alcool (6^g de gélatine et $28^{cm^3},7$ d'alcool éthylique par 100^{cm^3} de solution).

([2]) W. Heller, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1507.

([3]) W. Heller et E. Vassy, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 857.

([4]) *Trans. Far. Soc.*, 32, 1936, p. 1.

Les résultats des mesures spectrographiques d'absorption sont donnés (pour une seule longueur d'onde) dans la figure 2 (épaisseur de la couche, 2^{cm}; température des solutions étudiées dans un thermostat, 21°,00C.). La courbe I se rapporte à la solution préalablement chauffée pendant 10 minutes à 40°C., la courbe II à la solution préalablement refroidie pendant 10 minutes à 6°C. Les variations de la densité optique indiqueraient donc que l'hydratation des particules est plus grande aux températures élevées et qu'elle varie à température constante beaucoup plus vite (t est le temps après mise des échantillons dans le thermostat) dans la solution préalablement refroidie. L'allure des courbes est donc pratiquement identique avec celle des courbes de Heymann, mais les conclusions à en tirer auraient qualitativement et quantitativement le sens opposé.

Il n'y a que deux explications possibles : ou bien les systèmes de gélatine additionnés d'alcool se comportent, au point de vue hydratation, à l'inverse des systèmes de gélatine pure, ou bien la variation de la diffraction ne provient pas d'une déshydratation. La première explication ne paraît pas très plausible. Quant à la deuxième, il faut se rappeler que dans notre cas une variation de la diffraction ne peut provenir que d'une variation de la différence existant entre l'indice de réfraction des particules et celui du milieu dispersif. Or cette différence pourrait varier non seulement quand les particules perdent ou gagnent de l'eau, mais encore quand elles renferment plus ou moins d'alcool. On rendrait compte des résultats expérimentaux et de leur contradiction apparente en admettant que les particules s'hydratent toujours plus aux basses températures, mais que dans les systèmes additionnés d'alcool l'influence de ce dernier serait encore plus marquée. Dans les systèmes fortement diffractants (basse température), le rapport entre l'alcool et l'eau dans la micelle serait plus grand que dans le milieu dispersif. A mesure que la température s'élève, l'hydratation et l'alcoolisation diminueraient, mais inégalement, de sorte que la répartition relative de l'eau et de l'alcool dans les micelles d'une part, et dans le milieu dispersif d'autre part tendrait vers l'égalité. La variation de la diffraction à température constante (dans les solutions préalablement chauffées ou refroidies) s'expliquerait alors d'une façon analogue par une variation de l'hydratation accompagnée par une variation simultanée et plus forte de l'alcoolisation.

La sensibilisation des colloïdes hydrophyles par l'alcool serait alors due à une alcoolisation et non pas à une déshydratation des particules. On ne

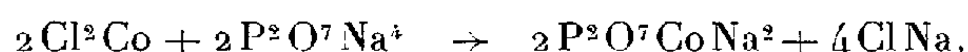
pourra émettre une opinion définitive que lorsque, en poursuivant l'application de la méthode de Heymann, on aura vu si, dans les sols de gélatine pure d'une part, et dans ceux de gélatine additionnée d'alcool d'autre part, le volume spécifique varie ou non dans le même sens lorsque la température varie.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un cobaltopyrophosphate de sodium.* Note de M[me] **Raymonde Duval** et M. **Clément Duval**, présentée par M. Marcel Delépine.

Une solution de pyrophosphate de sodium dissout le pyrophosphate cobalteux récemment précipité. Dans la liqueur obtenue, le cobalt est dissimulé pendant un certain temps vis-à-vis de la plupart de ses réactifs; ainsi, on n'observe pas immédiatement la coloration verte par action de bicarbonate de sodium et d'eau oxygénée ni de précipité avec le carbonate d'ammonium. Un composé complexe existe donc vraisemblablement dans la solution. De nombreux auteurs ont tenté sans succès de l'isoler.

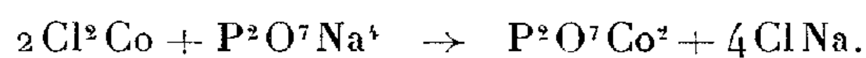
Nous l'avons mis en évidence par des mesures de conductibilité et par des expériences de migration d'ions. Les résultats obtenus nous ont ensuite permis d'obtenir le corps cherché sous forme solide. C'est le *cobalt-II-diaquopyrophosphate de sodium.*

Nous avons d'abord observé, à l'aide de liqueurs titrées de chlorure de cobalt bivalent et de pyrophosphate de sodium, que le précipité violet de pyrophosphate de cobalt $P^2O^7Co^2$ exige pour se redissoudre un volume de solution de pyrophosphate de sodium *double* de celui qui l'avait produit. D'où l'équation de réaction



$$2Cl^2Co + 2P^2O^7Na^4 \rightarrow 2P^2O^7CoNa^2 + 4ClNa,$$

tandis que la formation du pyrophosphate simple se représente par

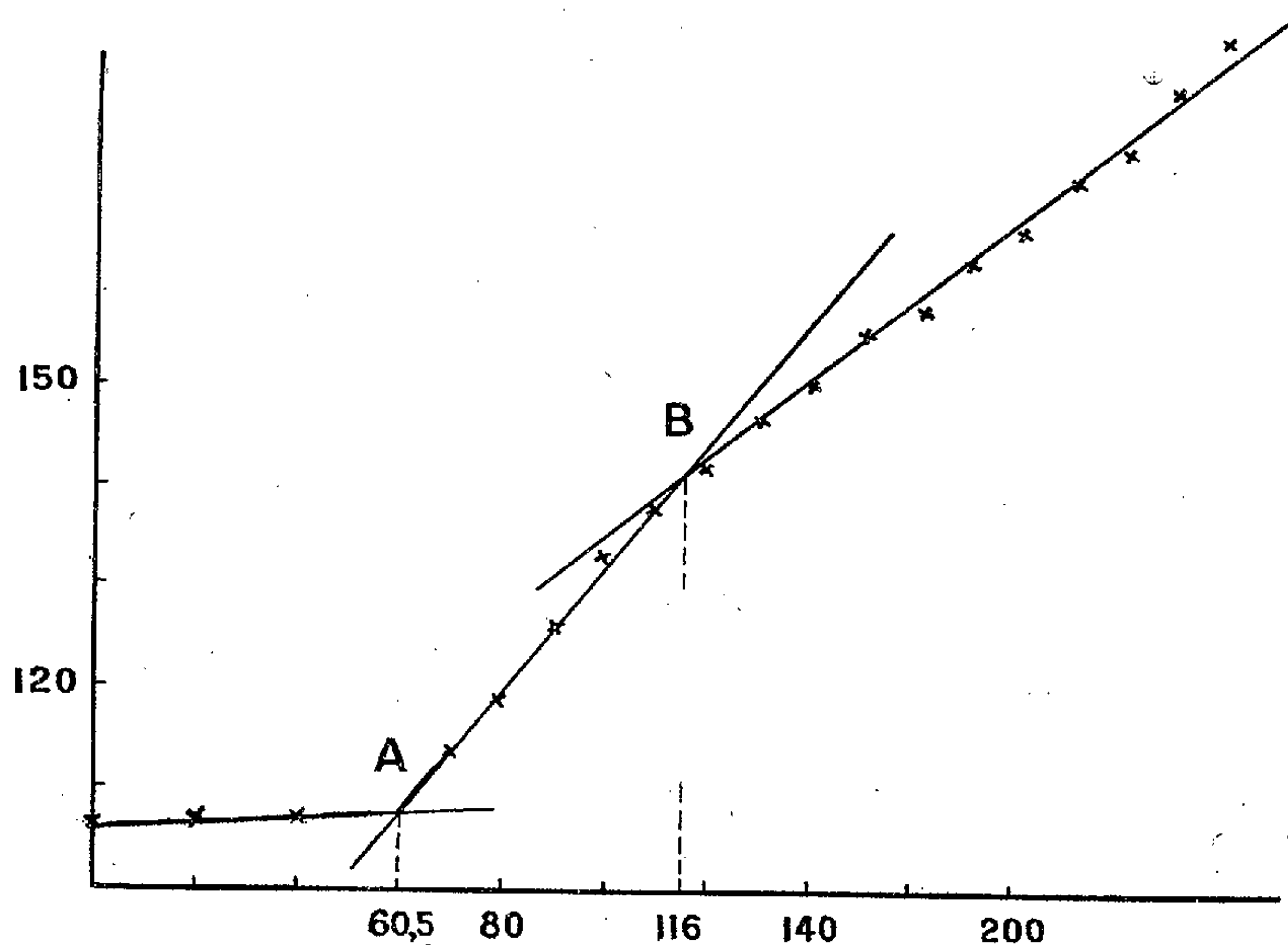


$$2Cl^2Co + P^2O^7Na^4 \rightarrow P^2O^7Co^2 + 4ClNa.$$

Les mesures de conductibilité effectuées à 15° par la méthode classique de Dutoit ont mis en évidence la formation de pyrophosphate de cobalt (point A) et celle du complexe (point B). Pour observer commodément ce dernier point, les mesures doivent être effectuées très rapidement; un essai préliminaire sert à calculer la quantité de pyrophosphate de sodium nécessaire pour observer le point A, ce qui permet de conduire rapidement

le dosage; sinon, le point B est observé avant l'addition d'une molécule de pyrophosphate de sodium pour un atome de cobalt; le volume de réactif utilisé est d'autant plus petit que le dosage a été plus lent, preuve que le complexe est instable en solution.

Ce dernier est bien un cobaltopyrophosphate, comme le montrent diverses expériences de migration d'ions effectuées avec le tube à robinets déjà décrit [1] : l'opération est réalisée avec des solutions aqueuses du complexe



En ordonnées, les conductibilités en inverses d'ohms.
En abscisses, les volumes de pyrophosphate de sodium en centièmes de centimètre cube.

présumé, contenant un grand excès de pyrophosphate de sodium pour empêcher l'hydrolyse; les branches du tube contiennent ce dernier sel et le courant (15 mA, 110 V) passe pendant 1 heure. Le cobalt a été décelé dans le compartiment anodique à l'aide de l'α-nitroso-β-naphtol en solution acétique.

En présence de ces renseignements qualitatifs et quantitatifs, nous avons réalisé la préparation du sel complexe de la façon suivante : 250^{cm^3} d'une solution de chlorure de cobalt bivalent renfermant $1^g,55$ de métal par litre, sont traités par le volume calculé, soit 60^{cm^3} d'une solution de pyrophosphate

---

[1] *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 1020.

de sodium à $27^g,6$ de sel anhydre par litre. Le mélange se fait à 0° et nous lui ajoutons immédiatement 300^{cm^3} d'alcool à 95° pris à la même température. Le précipité formé est centrifugé et lavé à trois reprises avec l'alcool refroidi; il est bleu violet et pèse $0^g,61$ après séchage à 110° jusqu'à poids constant.

A cette température le sel conserve solidement deux molécules d'eau de constitution. Le cobalt est dosé par électrolyse en présence de tartrate d'ammonium. Sur une autre prise, le pyrophosphate est dosé sous forme de sel magnésien après avoir éliminé le cobalt par l'hydrogène sulfuré en présence d'un excès d'acétate d'ammonium. Après avoir chassé les sels ammoniacaux, le sodium est pesé sous forme de sel de Streng-Charonnat.

Calculé pour $[CoP^2O^7(H^2O)^2]Na^2$, Co 18,7; P^2O^7 55,2; Na 14,6. Trouvé, Co 19,0; P^2O^7 55,7; Na 13,0.

Tout ce qui précède peut être répété mot pour mot pour le sel de *nickel* $[NiP^2O^7(H^2O)^2]Na^2.4H^2O$. La courbe de titrage est un peu plus nette, car le sel complexe possède une moins grande tendance à l'hydrolyse que celui de cobalt. Il a été récemment isolé par Basset, Bedwell et Hutchinson (²).

D'autres pyrophosphates, entre autres celui de thorium, sont justiciables de la même technique.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les monochloréthanoates neutre et basiques de plomb*. Note de M. **Edmond Grillot**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le caractère complexe de l'éthanoate de plomb se manifeste, en particulier, dans l'étude de ses combinaisons halogéno-éthanoïques (¹) et (²). J'ai recherché les modifications que pouvait créer l'introduction, dans le radical éthanoyle, d'un atome de chlore directement lié au carbone.

Le monochloréthanoate de plomb n'a été entrevu que par Bateman et Hoel (³). C'est un sel blanc, donnant de beaux cristaux en forme de tables, dont j'ai pu modifier la préparation et préciser les propriétés. On l'obtient aisément par action du monochloréthanoïque sur du carbonate de plomb fraîchement précipité, puis cristallisation par refroidissement. Sa solubi-

(²) *J. Chem. Soc.*, 1936, p. 1412.

(¹) Ed. Grillot, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1049.
(²) Ed. Grillot, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2177.
(³) *Journal American Chem. Soc.*, 36, 1914, p. 2517.

lité dans l'eau, faible à froid (2,8 pour 100 à 25°), croît linéairement avec la température de 1,6 pour 100 par 10°. A chaud, ses solutions subissent l'hydrolyse. Contrairement à l'éthanoate de plomb, il cristallise anhydre et répond à la formule $(CH^2Cl.CO^2)^2Pb$ [Pb 52,48 % (calc. 52,58 %); Cl 17,87 % (calc. 17,99 %); C 12,28 % (calc. 12,17 %); H 1,10 % (calc. 1,01 %)].

Ce sel se dissout plus rapidement et en plus grande quantité dans une solution normale d'ammoniaque que dans l'eau pure, à la température ordinaire comme au voisinage de la température d'ébullition; puis (dans ces deux cas), des germes cristallins apparaissent spontanément, et un sel blanc, contenant la presque totalité du plomb précipite : c'est toujours un monochloréthanoate basique de plomb. L'analyse de divers échantillons obtenus à chaud ou à froid montre que le rapport des nombres d'atomes de carbone et de plomb est toujours très voisin de deux, alors que celui des nombres d'atomes de plomb et de chlore n'est pas constant, et est toujours un peu inférieur à 1. On doit donc en conclure que ce corps répond à la formule $(CH^2Cl.CO^2)^2Pb, PbO$, et est rendu impur par une faible quantité d'hydroxyéthanoate basique de plomb $(CH^2OH.CO^2)^2Pb, PbO$, décrit par Shulze (*Jahresbericht über die Fortsch. der Chem.*, 1862, p. 284), et Fahlherg (*Journal für prakt. Chem.*, 2e série, 7, p. 238).

Le radical hydroxyéthanoyle, produit normal de l'hydrolyse du radical monochloréthanoyle, peut être caractérisé par ses réactions habituelles. Il m'a été impossible d'éviter complètement cette hydrolyse. Toutefois, en dissolvant à chaud le monochloréthanoate de plomb dans la solution d'ammoniaque, puis siphonnant et filtrant à l'abri du gaz carbonique atmosphérique après refroidissement et précipitation partielle, le produit qui cristallise du filtrat contient une plus faible proportion d'impureté (un peu moins de 2 pour 100). Les résultats de l'analyse sont les suivants : Pb 67,47 pour 100 (calc. 67,13 pour 100); Cl 11,30 pour 100 (calc. 11,49 pour 100); C 7,85 pour 100 (calc. 7,77 pour 100).

Ce monochloréthanoate basique de plomb, très peu soluble à froid, est légèrement soluble à chaud. La réaction alcaline de la solution conduit à penser qu'il s'agit de l'oxyde d'un cation complexe diplombodimonochloréthanoyle $[Pb^2(CH^2Cl.CO^2)^2]O$.

Par contre ce sel se dissout rapidement dans une solution de monochloréthanoate neutre de plomb, dont la solubilité augmente également. Ce phénomène est très sensible au voisinage de la température d'ébullition. Par refroidissement, j'ai pu faire cristalliser un second monochloréthanoate basique de plomb, soluble dans l'eau, dont la solution présente une

réaction alcaline très vive, et dont la composition correspond à la formule $[Pb^2(CH^2Cl.CO^2)^3]OH$. L'analyse de divers échantillons obtenus indique que le rapport des nombres d'atomes de carbone et de plomb se maintient toujours au voisinage immédiat de 3, alors que celui des nombres d'atomes de chlore et de plomb n'est pas constant, et est toujours un peu inférieur à 1,5. Il convient d'admettre la cristallisation simultanée d'un autre hydroxyéthanoate basique de plomb, soluble dans l'eau, et de formule vraisemblablement analogue.

Le produit le moins impur que j'ai pu obtenir contenait 58,36 pour 100 de plomb (calculé 58,20 pour 100); 10,23 pour 100 de carbone (calculé 10,11 pour 100) et 14,20 pour 100 de chlore (calculé 14,96 pour 100); la proportion d'impureté était donc d'environ 5 pour 100. La méthode de préparation de cet échantillon a consisté à dissoudre dans l'eau un mélange équimoléculaire du sel basique insoluble et du sel neutre, en portant un instant à l'ébullition. Ensuite on a siphonné et filtré à l'abri du gaz carbonique atmosphérique après cristallisation partielle par refroidissement. Puis le filtrat a été évaporé à froid, dans le vide, sur chlorure de calcium.

Il existe donc une analogie entre les monochloréthanoates basiques de plomb, et les deux éthanoates basiques étudiés par MM. Dubrisay et Saint-Maxen (4). Dans l'un et l'autre cas, les sels basiques intermédiaires sont solubles dans l'eau, et les formules en sont semblables. En revanche, le premier monochloréthanoate basique décrit, faiblement soluble dans l'eau, présente une formule de constitution plus simple que l'éthanoate basique correspondant. De plus, le monochloréthanoate neutre de plomb est deux fois plus soluble dans les solutions à 8,4 pour 100 d'éthanoate de plomb, et cinq fois plus soluble dans celles à 52 pour 100 que dans l'eau pure. Ce phénomène, qui rappelle celui observé entre les halogénures et l'éthanoate de plomb, laisse présumer l'existence de combinaisons intermédiaires.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de l'acide* β-[4-*méthoxyphényl*] *méthylpyruvique*. Note de M. **Eugène Cattelain**, présentée par M. Marcel Delépine.

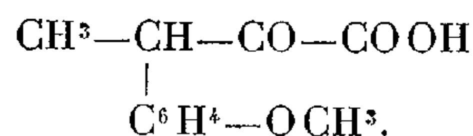
Les travaux de M. Bougault (1) sur les semicarbazones et thiosemicarbazones, acides semicarbazides et thiosemicarbazides, dioxytriazines et

(4) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 584, et **205**, 1937, p. 325.

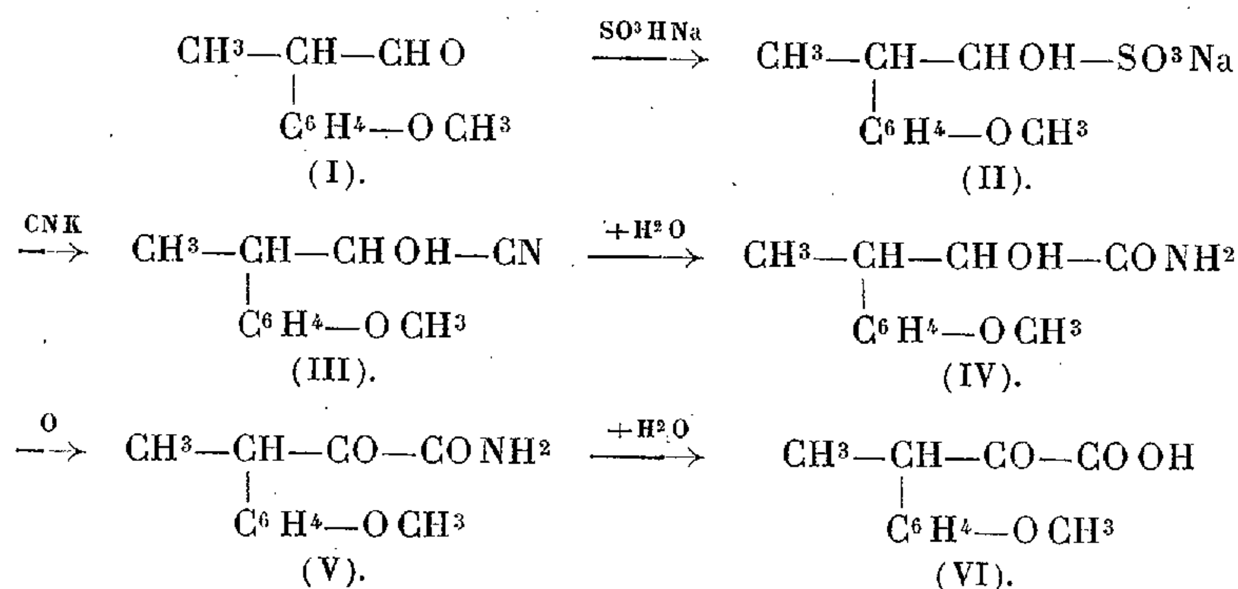
(1) *Ann. Ch.*, 9e série, **5**, 1916, p. 317; J. Bougault et L. Daniel, *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 151.

sulfoxytriazines nous ont engagé à poursuivre ces recherches en vue de les généraliser.

L'objet de la présente Note est d'exposer les premiers résultats obtenus à partir d'un nouvel acide α-cétonique, l'acide β-[4-méthoxyphényl] méthylpyruvique



1. *Acide β-[4-méthoxyphényl] méthylpyruvique.* — Le point de départ pour la préparation de cet acide α-cétonique β-substitué a été l'*aldéhyde p-méthoxyhydratropique* ou *aldéhyde α-[4-méthoxyphényl] propionique* (I), préparé par J. Bougault ([2]) en oxydant l'anéthol au moyen de l'iode et de l'oxyde jaune de mercure. La *combinaison bisulfitique* de cet acide (II) réagit, en solution aqueuse et à froid, sur une molécule de cyanure de potassium, en donnant le *nitrile β-[4-méthoxyphényl] méthyllactique* (III) qui, sous l'action de l'acide chlorhydrique concentré et à froid, fournit, par fixation d'une molécule d'eau, l'*amide β-[méthoxyphényl] méthyllactique* (IV). L'oxydation permanganique de cet amide, en milieu acétonoacétique, permet d'obtenir l'*amide β-[4-méthoxyphényl] méthylpyruvique* (V) que l'on transforme aisément en *acide β-[méthoxyphényl] pyruvique* (VI) sous l'action, à chaud, des alcalis dilués.

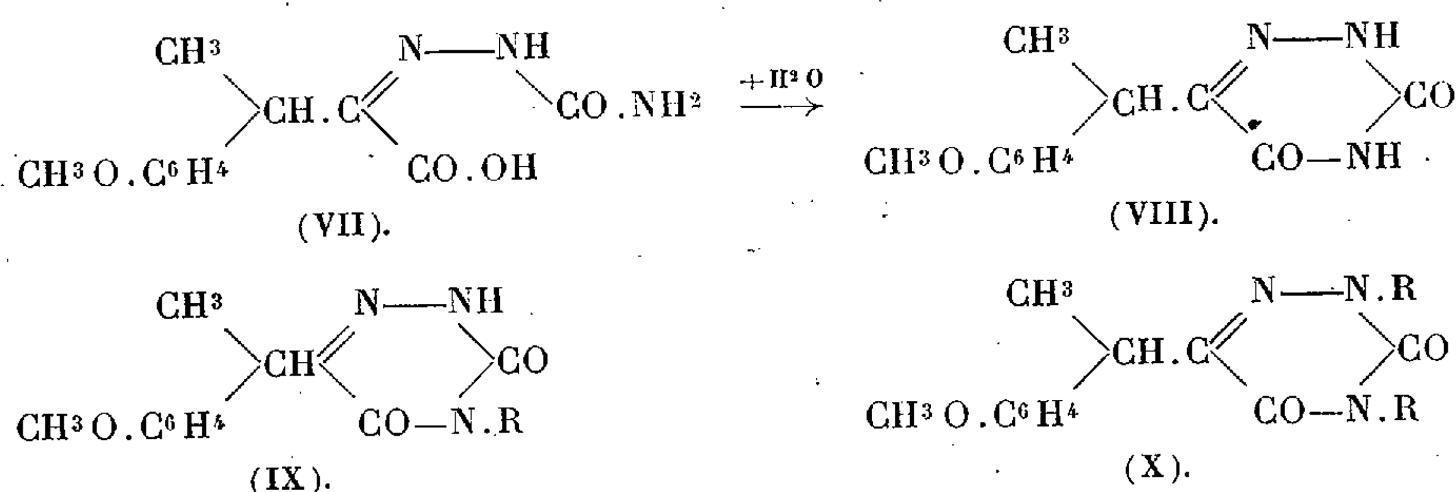


2. *Dérivés de l'acide β[4-méthoxyphényl] méthylpyruvique : semicarbazone, dioxytriazine et éthers de la dioxytriazine.*

La *semicarbazone* (VII) s'obtient en traitant le sel de sodium de l'acide

([2]) *Comptes rendus*, 130, 1900, p. 1766.

β-[4-méthoxyphényl] méthylpyruvique par le chlorhydrate de semicarbazide additionné de carbonate de sodium ou d'acétate de sodium. Cette semicarbazone se cyclise facilement par déshydratation, sous l'action de la soude diluée, soit à chaud, soit beaucoup plus lentement à froid, en donnant la *dioxy-as-triazine* correspondante (VIII), dont on a préparé les *monoéthers* (IX) et les *diéthers* (X) par alcoylation et arylation en tube scellé. La séparation des mono- et des diéthers, qui se forment simultanément, s'effectue en traitant le mélange par une solution bouillante de carbonate de sodium qui dissout seulement le monoéther et l'abandonne par refroidissement.



3. *Principaux composés nouveaux obtenus.*

Nitrile β-[4-*méthoxyphényl*] *méthyllactique*. — Liquide; d_4^{19} 1,093; n_D^{19} 1,519. Se décompose vers 50° (15^{mm}) en aldéhyde *p*-méthoxyhydratropique et acide cyanhydrique.

Amide β-[4-*méthoxyphényl*] *méthyllactique*. — F. 123°. *Analyse*. C % 63,51; H % 7,35; N % 7,04 (calculé pour $C^{11}H^{15}O^3N$, C % 63,15; H % 7,17; N % 6,69).

Acide β-[4-*méthoxyphényl*] *méthyllactique*. — F. 91-92°. Poids mol. (par acidimétrie) calculé 210; trouvé 209.

Amide β-[4-*méthoxyphényl*] *méthylpyruvique*. — F. 119-120°. *Analyse*. C % 62,98; H % 6,50; N % 7,41 (calculé pour $C^{11}H^{13}O^3N$, C % 63,76; H % 6,28; N % 6,76).

Semicarbazone de l'amide β-[4-*méthoxyphényl*] *méthylpyruvique*. — F. 239°.

Acide β-[4-*méthoxyphényl*] *méthylpyruvique*. — F. 30°. Poids mol. (par acidimétrie) calculé 208; trouvé 209.

Semicarbazone de l'acide β-[4-*méthoxyphényl*] *méthylpyruvique*. — F. 207°,5.

Méthoxyphénylméthyldioxytriazine. — F. 220°,5. *Analyse*. C % 58,36; H % 5,10; N % 16,84 (calculé pour $C^{12}H^{13}O^3N^3$, C % 58,30; H % 5,26; N % 17).

Éthers de la méthoxyphénylméthyldioxytriazine

monométhylique F. 159°-160°,	diéthylique (non obtenu cristallisé),
diméthylique F. 142°,5,	monobenzylique F. 206°,
monoéthylique F. 132°,	dibenzylique F. 160°,5-161°,5,

Un mémoire détaillé paraîtra dans un autre périodique.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des roches granitiques dans les Pyrénées.* Note de M. **Eugène Raguin**, présentée par M. François Grandjean.

La zone axiale des Pyrénées et les massifs anciens de la région des plis nord-pyrénéens sont constitués de terrains primaires, de micaschistes et de gneiss. L'ensemble a été fortement plissé à la fin de l'ère primaire par les mouvements hercyniens, puis disloqué par les mouvements orogéniques secondaires et tertiaires de façon locale seulement. Ces terrains primaires et cristallophylliens sont recoupés et envahis par de vastes intrusions de granites post-tectoniques, mis en place après les mouvements hercyniens, probablement à la fin du Carbonifère. Ainsi que je l'ai montré antérieurement (1), les massifs de gneiss situés à la base de la série primaire ont été produits par l'ascension d'un magma granitique diffus, qui a intimement pénétré, assimilé ou imprégné les schistes anciens. Au moins pour la plupart d'entre eux, ces gneiss sont des gneiss d'injection complexes et d'une extension régionale, c'est-à-dire des *migmatites* analogues à celles qui ont été décrites d'abord en Scandinavie et retrouvées ensuite en beaucoup de régions, notamment dans le Massif Central français. Il y a concordance entre les gneiss et les terrains primaires superposés, et la formation des migmatites a effacé la base stratigraphique véritable de la série primaire.

L'hétérogénéité des migmatites, l'aspect désordonné de leurs variations de faciès, empêchent de les confondre avec les massifs de granite proprement dit de la région, dont le magma est homogène ou contient des enclaves à bord net. La localisation différente, la minéralisation distincte vérifient en outre cette distinction.

L'âge de l'ascension de magma granitique qui a produit les migmatites est postérieur à l'Ordovicien inférieur et antérieur aux mouvements hercyniens. Il est donc antérieur à l'âge des grandes intrusions post-tectoniques de granite.

On rencontre assez souvent dans les schistes primaires faiblement métamorphiques, superposés aux gneiss, des bancs d'arkose qui suggèrent l'existence de régions granitiques déjà émergées lors du dépôt de ces sédiments, émergées par conséquent à une époque antérieure à la formation des migmatites qui ont gneissifié la base de la série sédimentaire.

Une observation nouvelle me permet de préciser l'existence de ces

---

(1) E. Raguin, *Bull. Soc. géol. France,* 5e série, 8, 1938, p. 11-36.

granites antérieurs aux migmatites. Le massif de Castillon au sud de Saint-Girons, dans les Pyrénées ariégeoises, est constitué de migmatites s'étendant sur une douzaine de kilomètres du nord-ouest au sud-est, entre la vallée du Lez et celle du Salat, et sur une largeur moitié moindre transversalement. Elles supportent sur les bordures orientale et septentrionale, soit sur un développement de 10^{km}, une série de schistes primaires attribués au Silurien. Ces couches, formées de schistes fissiles noirâtres ou d'alternances de minces lits de grès fin blanchâtres et de schistes noirs, sont très fréquemment injectées de filons granitoïdes ou pegmatoïdes près du contact des migmatites, comme il est normal à la bordure de toutes les migmatites pyrénéennes. Près d'Alos, village situé 10^{km} à l'est de Castillon, j'ai constaté que des lits d'arkose grossière et de conglomérat s'intercalent dans la formation silurienne. Le banc conglomératique, ayant plusieurs dizaines de mètres de puissance, a été mis en relief par l'érosion sur la croupe de Coulouniet, et il s'altère par l'érosion en grosses masses arrondies bien visibles. Le conglomérat contient des galets granitiques ayant parfois plus d'un centimètre de diamètre, et (principalement) des galets quartzeux ou feldspathiques, des micas altérés, le tout dans un ciment argilo-ferrugineux. Ce granite est à grain moyen et formé essentiellement de quartz, microcline, d'un plagioclase voisin de l'albite, de biotite.

Il s'avère donc qu'il y a eu au moins trois venues de magma granitique dans les terrains anciens des Pyrénées : la première est anté-silurienne; la suivante, qui a produit les migmatites, est postérieure à l'Ordovicien inférieur et antérieure à l'orogénie hercynienne; la troisième, postérieure à cette orogénie, est sans doute carbonifère.

GÉOLOGIE DYNAMIQUE. — *Mesures de transparence des eaux de l'Aulne maritime à Trégarvan.* Note (¹) de M. **Claude Francis-Boeuf.**

L'Aulne, ou rivière de Châteaulin, traverse, pendant la majeure partie de son parcours, des schistes ardoisiers, il est donc normal, *a priori*, que ses eaux soient chargées de fines suspensions et que leur transparence soit assez réduite. D'autre part, la rivière a été submergée dans son cours inférieur et les eaux marines se rencontrent, maintenant, de l'embouchure (au SE de la rade de Brest) jusqu'à Port-Launay, dans des conditions qui

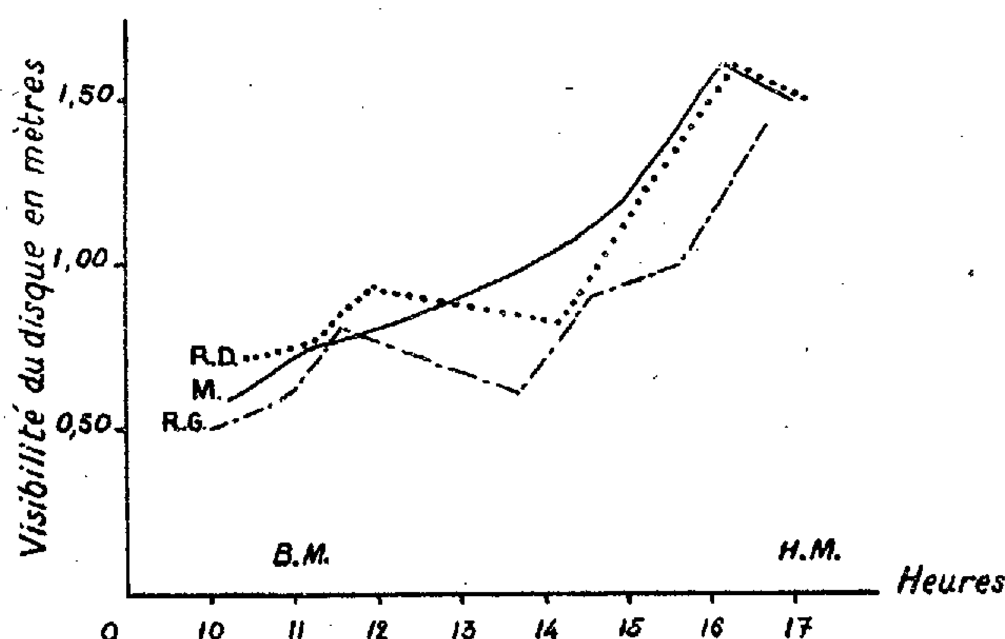
(¹) Séance du 7 novembre 1938.

sont à déterminer. L'arrivée des eaux salées change donc la turbidité des eaux fluviales dans cette partie de la rivière.

A l'aide d'un disque blanc en porcelaine (²), d'environ $0^{m},25$ de diamètre, lesté d'un poids de 1^{kg}, j'ai effectué, au coude de Trégarvan, des mesures de transparence. Les opérations ont été poursuivies un peu avant l'établissement de la basse mer jusqu'à la haute mer suivante.

Toutes les heures environ, je plongeai le disque dans les eaux, près de la rive gauche (RG), au milieu M et près de la rive droite (RD).

Les résultats obtenus peuvent être exprimés par les trois courbes ci-dessous. L'arrivée des eaux marines change dans le sens positif,



la transparence en chaque point de la rivière. Il semble que ce soit là un phénomène général, mais cependant de curieuses anomalies sont à noter le long des rives.

On pourrait les interpréter de cette façon :

La progression de la marée fait que les eaux marines, plus transparentes, se substituent aux eaux fluviales qui reculent sous la poussée, mais seulement dans une très faible mesure, au coude de Trégarvan. En réalité, quand la haute mer est établie, on peut trouver les deux eaux.

Le courant descendant la rivière, formé du courant fluvial et du courant de jusant, est maximum (³), en débit, environ une heure ou deux, après

---

(²) Méthode de Secchi.

(³) Dans une rivière encaissée comme l'Aulne, un facteur très important joue dans l'établissement des courants, c'est le vent. Un vent violent et continu peut, du moins en surface, annuler le courant de jusant ou de flot.

Les mesures que je donne ont été effectuées par temps calme.

que la mer a commencé à descendre; il est très amoindri en fin de marée. Quand le courant est fort, les suspensions transportées par l'eau sont très agitées et la transparence est faible. A mesure que la force du courant diminue, les suspensions ont de plus en plus tendance à tomber par gravité et à se déposer : l'eau devient plus transparente, c'est ce que l'on peut constater sur les trois graphiques. La transparence augmente avec la fin de l'établissement de la basse mer à l'étale.

Quand la mer monte, un courant de flot s'établit, qui, à son tour, brasse les suspensions déposées, ou en train de se déposer (particulièrement le long des rives où des courants turbulents compliqués s'établissent). La transparence de l'eau diminue de nouveau, bien qu'il y ait un apport d'eau salée limpide, c'est que l'influence du courant (le courant de flot est maximum en vitesse deux heures après l'étale) domine ici l'influence proprement dite des eaux marines.

Quand le courant de flot diminue, l'eau salée limpide prend de plus en plus d'importance, la transparence augmente, atteint son maximum une demi-heure environ avant la haute mer. En effet, dès que le courant de flot s'atténue, le courant de rivière reprend le dessus et la transparence diminue de nouveau, diminution qui s'accentue avec l'établissement du courant de jusant. Ce cycle est surtout remarquable le long des rives où la profondeur est faible. Au milieu, où la profondeur est de 10^{m} environ, la courbe de transparence obéit plus directement à l'influence des eaux marines, en ce sens qu'elle croît constamment, depuis l'extinction du courant de jusant, jusqu'à l'établissement presque complet de la haute mer.

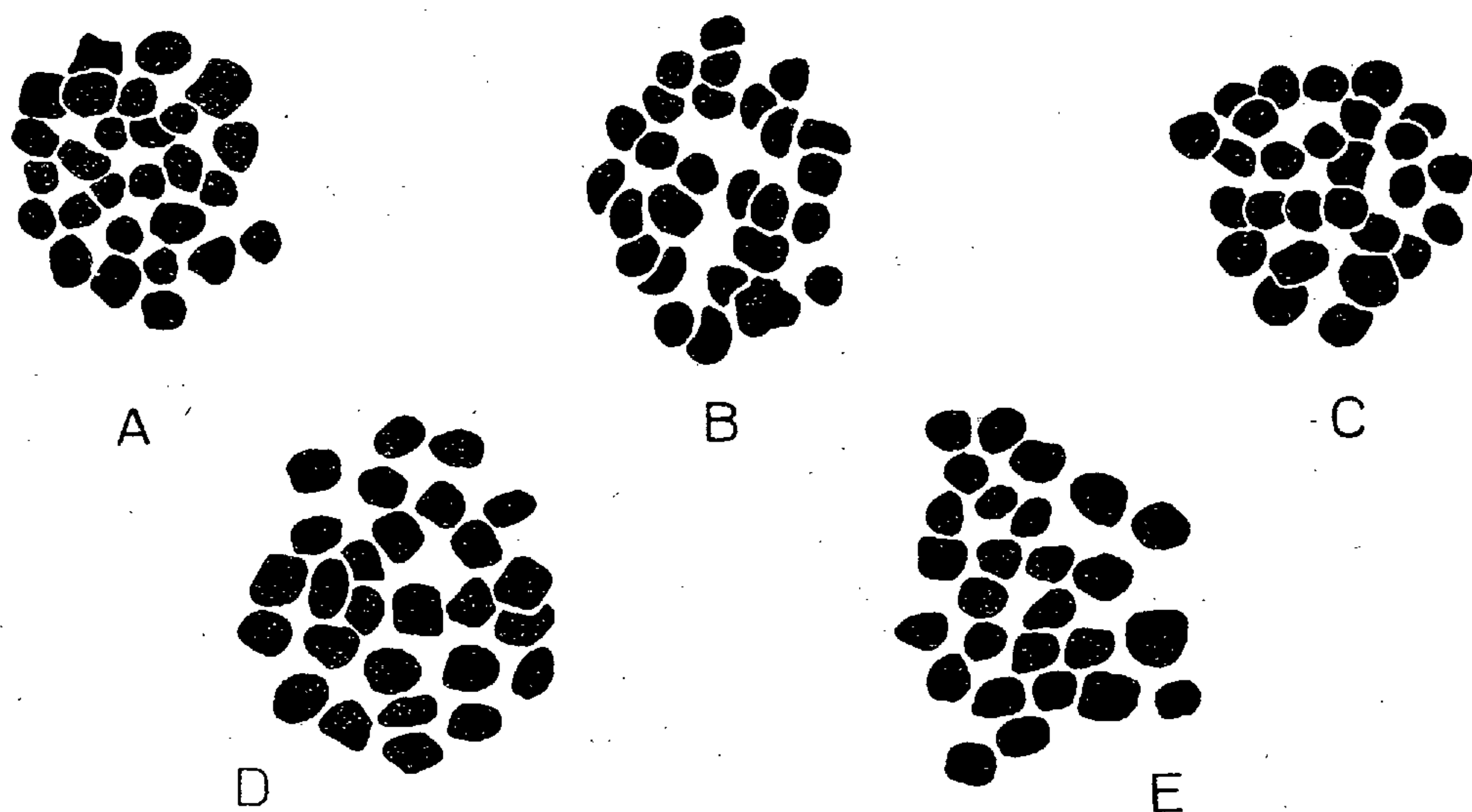
J'ai effectué des mesures de vérification ([1]) par le travers du bourg de Dinéault, en amont de Trégarvan et près de Landévénec par le travers de l'île Térérez, en aval de Trégarvan. Toutes choses égales d'ailleurs (eaux fluviales plus influentes à Dinéault, eaux marines plus influentes à Landévénec), les résultats obtenus à Trégarvan ont été confirmés.

Les mesures de transparence peuvent donc servir, dans une large mesure, à étudier les courants compliqués dans le cas d'une rivière submergée et à donner des indications intéressantes pour la sédimentation des vases et leur floculation. Il paraît toutefois nécessaire d'établir quels sont les poids des sédiments par litre correspondant aux diverses transparences que j'ai pu mesurer.

([1]) Toutes ces mesures ont été effectuées par temps gris, sans soleil, à des jours différents, avec des basses mers d'après-midi, afin de pouvoir négliger le facteur gênant que constitue la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon.

ZOOLOGIE. — *Sur les chromosomes du genre* Helix. Note de MM. **Jean-Louis Perrot** et **Max Perrot**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons montré ([1]) que trois espèces du genre *Helix H.* (*Helicogena*) *pomatia* L., *H.* (*Cryptomphalus*) *aspersa* Mull., *H.* (*Cantareus*) *aperta* Born présentent le même nombre de chromosomes $n = 27$ dans la lignée mâle (*fig.* A, B et C, métaphases de premières cinèses réductionnelles). [Nous



avons trouvé également $n = 27$, dans la lignée femelle de l'*Helix pomatia* (*Zeitsch. Zellforschung*, 27, 1937.]

Aujourd'hui, nous apportons une nouvelle contribution à l'étude de ce genre en ajoutant aux trois espèces précédentes les deux suivantes : *H.* (*Helicogena*) *cincta* Mull. et *H.* (*Helicogena*) *melanostoma* Drap.

Les *cincta* étudiés proviennent des environs de Vérone (Italie), les *melanostoma* des environs de Tunis (*fig.* D et E).

Nous n'avons pas été étonnés de constater, étant donnée la parenté évidente de ces espèces, que leur formule chromosique était analogue. Rappe-

([1]) *Revue suisse de Zool.*, 45, 1938, p. 531.

lons que nous n'avons jamais trouvé, au cours de nos recherches sur plus de 20 espèces d'Hélicidés, appartenant à d'autres genres, de formules chromosomiques semblables. 27 paraît donc être une caractéristique du genre *Helix*.

Ces résultats nous amènent à écarter définitivement les formules $n = 12$ et $n = 24$ trouvées chez *Helix pomatia* par les anciens auteurs et admises encore dans la littérature. Nous avons donné déjà notre avis à ce propos [2] et prouvé que, vu la technique insuffisante et l'examen sur coupes minces, les anciens résultats ne pouvaient être pris en considération. Nous ne reviendrons pas sur cette question.

Le fait important souligné par notre étude est le suivant :

Similitude des formules chromosomiques quant au nombre dans un genre homogène, mais impossibilité de distinguer cytologiquement les sous-genres.

Si une comparaison de la morphologie des chromosomes était possible dans les métaphases goniales de ce groupe, on pourrait peut-être préciser la position systématique des espèces. Malheureusement une telle étude est impraticable et nous devons nous contenter simplement du nombre brut des éléments chromatiques établi à la première division de maturation.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Le métabolisme des composés d'origine purique chez les Insectes.* Note de Mlle **Marie-Louise Rocco**, transmise par M. Richard Fosse.

La formation de l'acide urique, considéré comme le terme ultime le plus fréquent du catabolisme des purines, n'est pas un phénomène constant chez les Insectes, et Sonowski, en particulier, n'a pu caractériser cet acide dans les larves d'Odonates et de Dytiques. D'autre part, une série de recherches récentes viennent infirmer cette notion classique de l'excrétion de l'acide urique :

En 1935, Truszkowski et Chajkinova [1] signalent l'uricase chez *Musca carnaria;*
En 1936, nous montrons l'existence chez les Carabes, d'une substance donnant

(2) *Revue suisse de Zool.*, 44, 1937, p. 203.

(1) *Biochem. J.,* 29, 1935, p. 2361-2365.

toutes les réactions de l'acide allantoïque ([2]) et notons que l'allantoïnase est très répandue chez les *Carabidæ*, les *Dysticidæ*, les *Cerambycidæ*, les *Hydrophilidæ*, etc.

Enfin, en 1938, Brown ([3]) met en évidence l'uricase et l'allantoïne dans les œufs, les larves et les adultes du Diptère *Lucilia sericata* et constate que les larves et les adultes excrètent de l'allantoïne.

Nous nous proposons de résumer ici les résultats de nos recherches sur les modalités de cette excrétion.

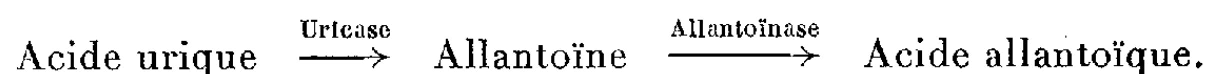
Coléoptères. — *Carabidæ*. — Les espèces appartenant aux genres *Carabus*, *Cychrus*, *Scarites*, *Calosoma*, *Abax* et *Calathus* possèdent la propriété d'hydrolyser l'allantoïne en acide allantoïque; de plus, l'absence d'allantoïcase indique que le catabolisme des uréides glyoxyliques a pour terme ultime l'acide allantoïque.

Dysticidæ et *Hydrophilidæ*. — Les dytiques, insectes aquatiques et carnassiers, dégradent l'acide urique et l'allantoïne en acide allantoïque, alors que les Hydrophiles, à régime herbivore, ne possèdent pas cette propriété.

Tenebrionidæ. — L'absence d'uricase, d'allantoïnase et d'allantoïcase chez *Blaps gigas* L., *Blaps nitens*, *Blaps barbara* Sol., *Asida* sp., *Tenebrio molitor*, *Adesmia Solieri* et *Scaurus atratus* Fab., la présence de l'acide urique dans les excrétats des *Blaps* montrent que ces Ténébrionides sont essentiellement uricotéliques.

Orthoptères. — L'enzyme qui dégrade l'acide urique en allantoïne existe chez *Pamphagus marmoratus* ♂ et ♀, *Tmethis cisti* F., *Anacridium egyptium* L. et *Calliptamus italicus* L. Chez ces Orthoptères, l'uricase est accompagnée de l'allantoïnase que nous avons pu caractériser aussi chez *Phasgonura viridissima* L., *Phylloperta horticola* L., *Stenobothrus lineatus* Panz. et *Ephippiger ephippiger* Fiebig. Chez ces espèces l'acide urique et l'allantoïne doivent être considérés comme des termes intermédiaires du catabolisme purique, le terme final étant l'acide allantoïque.

Conclusions. — Chez les Insectes, l'excrétion d'acide urique n'est pas la règle générale, puisque de nombreuses espèces possèdent la propriété de le dégrader. La marche de la dégradation est identique à celle que l'on rencontre chez les Vertébrés : elle s'effectue par voie enzymatique et conduit soit à l'allantoïne, soit à l'acide allantoïque :



Acide urique $\xrightarrow{\text{Uricase}}$ Allantoïne $\xrightarrow{\text{Allantoïnase}}$ Acide allantoïque.

([2]) M[lle] Rocco, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1947.

([3]) *Biochem. J.*, **32**, 1938, p. 895-902.

Jusqu'ici nous n'avons pas rencontré d'insectes capables de scinder l'acide allantoïque en urée et acide glyoxylique; l'acide allantoïque apparaît donc comme le terme le plus avancé dans la série des réactions cataboliques.

Allantoïnase et uricase n'existent pas toujours simultanément chez les espèces étudiées, ce qui laisse supposer un métabolisme des uréides glyoxyliques indépendant du métabolisme purique.

Enfin, chez les Insectes aquatiques, les Dytiques carnassiers dégradent l'allantoïne, tandis que les Hydrophiles, à régime herbivore, ne possèdent pas cette propriété. Il existe donc une relation entre les conditions de vie, de milieu, et le catabolisme purique, que nous nous proposons de préciser.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *La formation de l'ovokératine chez* Raja batis. Note (¹) de Mlle **Cécile-Thérèse Baudouy**, présentée par M. Maurice Caullery.

La glande nidamentaire des Sélaciens sécrète une protéine soufrée ou prokératine (Fauré-Fremiet et Garrault, 1938) qui se transforme en ovokératine (Krukenberg, Fauré-Fremiet et Baudouy, 1938). Cette substance constitue la capsule cornée de l'œuf.

D'autres substances, généralement considérées comme des kératines, sont sécrétées par des procédés analogues. Le problème se pose de savoir comment les granulations de prokératine insoluble se transforment en lames et en fils anisotropes d'ovokératine, également insoluble. Nous avons étudié cette question chez *Raja batis*.

1. *État initial de l'ovokératine*. — Dans la capsule ovulaire en voie de formation, les diverses couches, déjà distinctes de l'ovokératine, se présentent sous l'aspect d'une substance blanche, molle, spongieuse et assez fortement hydratée. Cette ovokératine blanche diffère de l'ovokératine définitive : par la valeur de son imbibition maxima dans l'eau distillée, qui atteint 2,1 à 22° contre 1,25; par sa solubilité partielle dans la formamide; enfin, surtout, par la présence de groupements réducteurs, mise en

(¹) Séance du 14 novembre 1938.

évidence par la réaction de Hopkins, toujours fortement positive à son niveau. Ce fait montre qu'un grand nombre au moins des groupements —SH y sont libres et que la capsule en voie de formation est constituée primitivement par de l'ovokératine réduite. L'oxydation progressive de cette protéine commence dans l'organe nidamentaire; elle se poursuit de l'intérieur et de l'extérieur, car, dans l'œuf prêt à être pondu, on observe, dans l'épaisseur du limbe marginal, un cordon résiduel de substance blanche, qui donne encore fortement une réaction de Hopkins positive.

2. *État de la prokératine.* — Les cellules glandulaires chargées de prokératine donnent aussi, avec le nitroprussiate, une coloration, mais celle-ci est diffuse (J. Filhol et H. Garrault); en fait, il est probable que les groupes —SH libres appartiennent aux constituants cytoplasmiques et non pas aux grains de prokératine eux-mêmes, car, au cours de leur séparation, la coloration s'affaiblit progressivement et la réaction de Hopkins est négative avec les grains de prokératine isolés, quelle que soit la rapidité des opérations et l'ordre dans lequel les digestions trypsique et pepsique ont été effectuées.

La prokératine serait donc une protéine oxydée comme l'ovokératine définitive, chez laquelle, nous l'avons vu, la réaction de Hopkins est aussi négative.

On sait que la réduction des liaisons -S-S- permet de solubiliser les kératines épidermiques ([2]); l'ovokératine blanche serait, par toutes ses propriétés, le témoin d'une telle réduction, qui expliquerait la solubilisation des granules de prokératine, préalablement au *filage* qui modèle les éléments constitutifs de la capsule. Reste à déterminer le lieu de cette réduction.

3. *Le milieu intérieur de l'organe nidamentaire.* — Utilisant des organes nidamentaires fraîchement recueillis, vides, ou occupés par un œuf, nous avons, sitôt leur ouverture, recueilli le mucus qui recouvre leur surface interne; c'est une substance blanc jaunâtre, visqueuse, épaisse, contenant des éléments cellulaires et accusant les propriétés tinctoriales d'un mucus. Cette substance, diluée dans de l'eau et mise en tube de Thunberg, avec

([2]) Goddard et Michaelis, *Journ. of Biol. Chemistry*, 106, 1934, p. 605; Linderström-Lang et Duspiva, *C. R. Trav. du Lab. de Carlsberg*, 21, 1936, p. 54.

quelques gouttes de bleu de méthylène, réduit rapidement ce colorant après que l'on a fait le vide. Le bleu réapparaît lorsqu'on laisse pénétrer de l'air dans le tube et le phénomène reste longtemps réversible. Ce produit muqueux donne avec intensité une réaction de Hopkins positive; son pH, déterminé colorimétriquement, est voisin de 6; A. Litvac a trouvé la même valeur par micro-injection d'indicateurs colorés dans la lumière des glandes à sécrétion mucoïde de l'organe nidamentaire.

4. *Interprétation des faits.* — Sachant que la liaison -S-S- des ponts de cystine est un des principaux facteurs de la grande stabilité de certaines protéines fibreuses, la mise en évidence d'un état réduit de l'ovokératine, récemment formée et la présence, dans l'organe nidamentaire, d'un milieu liquide réducteur sont intéressantes à rapprocher du fait qu'une solubilisation de la prokératine précède vraisemblablement son *filage* en lames et en fibres pour donner l'ovokératine définitive. Cependant, la solubilisation des kératines réduites n'a été obtenue qu'en milieu alcalin, alors que le milieu de l'organe nidamentaire est légèrement acide. En fait, nous avons essayé de dissoudre la prokératine *in situ*, ou après séparation, en faisant agir, en tube de Thunberg, des solutions réductrices : Glutathion et Chlorhydrate de cystéine à 10 pour 100, mais le résultat a toujours été négatif. Il reste donc une incertitude sur le mécanisme de cette solubilisation, comme sur la substance réductrice présente dans la glande nidamentaire et dont la nature reste indéterminée, sachant qu'elle ne peut être considérée comme un véritable mucus ([3]).

([3]) E. Fauré-Frémiet et C.-T. Baudouy, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **20**, 1938, p. 14.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La ségrégation du germen et le problème général de la ségrégation embryonnaire.* Note (¹) de M. **Louis Bounoure**, présentée par M. Louis Bouvier.

La ségrégation du germen au début du développement, bien connue aujourd'hui chez divers animaux de toutes classes, n'est que le premier en date des phénomènes progressifs de ségrégation dont le jeune embryon est le siège. Définie par Ray-Lankester (1877) comme un triage des *molécules physiologiques* déterminant les qualités spécifiques des cellules, la ségrégation embryonnaire, qui prépare les différenciations futures, soulève, quant à la nature de son mécanisme, des interprétations divergentes qui se ramènent aux deux vieilles tendances de la prédétermination et de l'épigénèse. Il s'agit, en somme, de décider *si la spécificité précède la ségrégation embryonnaire ou si elle résulte de cette ségrégation* (Fr. R. Lillie, 1929). Que nous apprend, sur ce sujet, l'étude de la ségrégation des cellules germinales ?

Nous avons montré antérieurement (²) que la séparation du soma et du germen, chez la Grenouille, se réalise, au cours de la segmentation, par un processus bien défini de *division différentielle :* portant sur les premiers macromères, *matériellement hétérogènes*, il isole leurs parties différentes en les distribuant respectivement aux cellules filles; il suffit pour cela que le plan de division ait une orientation convenable par rapport aux axes structuraux de la cellule mère; c'est la loi générale posée par Conklin (1924) : *Étant donnée une cellule qui est hétérogène ou anisotrope, la division sera différentielle ou non différentielle suivant la position des plans de clivage.*

Établie à propos de l'origine des différenciations du soma, cette loi trouve une application sans défaut dans tous les cas connus de ségrégation précoce du germen. Nous avons décrit et figuré chez la Grenouille la série de divisions différentielles qui se déroule dans la blastula avant la gastrulation, et qui, portant sur des macromères de caractère encore mixte comme l'œuf lui-même, en détache les premières *cellules germinales pures :* la position marginale, dans ces macromères, d'une plage de cytoplasme spécial, destinée au germen, y détermine une certaine polarité, et toujours

---

(¹) Séance du 14 novembre 1938.

(²) *Annales Sc. naturelles*, 10ᵉ série, **17**, 1934, p. 67-248.

le plan de division coupe l'axe des pôles de manière à faire apparaître deux cellules de valeur différente, l'une somatique, l'autre germinale (Bounoure, 1934).

Il en est de même chez tous les Invertébrés étudiés à cet égard : chez les Copépodes (Haecker, 1897; Amma, 1911) et chez *Asplanchna* (Nachtwey, 1925), où les ectosomes destinés à la lignée germinale s'accumulent autour de l'un des pôles mêmes de la division; chez *Polyphemus* (Kühn, 1913) et chez *Sagitta* (Buchner, 1910; Stevens, 1910) où le plan de clivage est toujours assez oblique par rapport à l'axe des pôles pour qu'un seul des blastomères hérite du déterminant germinal; chez les Insectes, où la division différentielle s'affirme si nettement dans la formation des cellules polaires (Kahle, 1908; Hasper, 1911; Hegner, 1914, etc.). Il n'est pas jusqu'à l'*Ascaris*, où Boveri (1910) n'ait tiré, par une pénétrante analyse de ses expériences, la preuve d'une *polarité invisible* de l'œuf et du caractère différentiel des premières divisions de segmentation. En somme, à tous les cas connus s'applique l'observation de Nachtwey (1925) : « C'est une série ininterrompue de mitoses inégales qui conduit de l'œuf à la cellule germinale initiale et assure la constitution d'une lignée souche reproductrice ».

Or les divisions de segmentation ne sont différenciatrices qu'en vertu de la localisation hétérogène des substances cytoplasmiques dans l'œuf et les blastomères; c'est cette localisation qui est la condition fondamentale du processus, ainsi que Conklin (1905) l'a mis en évidence dans la ségrégation des potentialités du soma chez les Ascidies. Que *la localisation soit plus essentielle que le clivage*, c'est ce qui ressort aussi, de façon constante, de l'étude de la ségrégation du germen. La mise en évidence, dans tous les cas, de formations cytoplasmiques préexistantes ou *déterminants germinaux*, destinés aux gonocytes, la démonstration expérimentale de leur rôle, fournie chez les Insectes par Hegner (1911) et Geigy (1931), et chez la Grenouille par nous-même ([3]), ne laissent aucun doute sur la prédétermination du germen. Certes la mise à part d'une lignée reproductrice distincte est, dans le jeune embryon, une innovation, mais elle tombe entièrement sous la formule : *nihil innovatur nisi quod traditur*. En un mot, dans la séparation précoce du germen, la *spécificité précède la ségrégation*, et il ne peut être ici question d'épigénèse, à moins que ce mot ne veuille désigner simplement l'apparition d'une partie nouvelle, ou qu'on ne prétende substituer des vues théoriques aux résultats positifs et concordants de l'observation et de l'expérience.

([3]) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1223, et 204, 1937, p. 1837; *C. R. Soc. Biol.*, 120, 1935, p. 1316, et 125, 1937, p. 898.

On sait quel rôle considérable joue l'épigénèse dans le développement du soma, subordonné à l'action inductrice du *centre organisateur* de Spemann. Mais ce centre organisateur représente lui-même une localisation préalable. Ainsi le germe de la Grenouille offre deux localisations essentielles, aujourd'hui bien définies par l'expérience et d'importance égale : le centre organisateur du soma et le déterminant de la lignée germinale; dans les deux cas, les phénomènes de ségrégation différenciatrice, bien que se réalisant par des processus différents pour le soma (induction) et pour le germen (division différentielle), impliquent l'anisotropie initiale du germe.

C'est à l'origine même de cette anisotropie, bien mieux que dans les processus de l'embryogénie, qu'il faut chercher, sans doute, l'épigénèse essentielle : celle qui, dans l'oocyte en accroissement, jette les premières fondations de l'organisme futur et règle ainsi par avance la marche infaillible des ségrégation embryonnaires. C'est jusque-là que recule aujourd'hui le grand mystère de l'organisation et de la spécificité.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de régimes producteurs d'avitaminose* B *totale ou de déséquilibre minéral sur la composition du muscle de Pigeon.* Note de MM. **Raoul Lecoq** et **Roger Duffau**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

La polynévrite peut, comme on sait, être provoquée chez le Pigeon par ingestion de régimes privés de vitamines B ou présentant des déséquilibres alimentaires variés, organiques ou minéraux (1). L'avitaminose B totale et le déséquilibre glucique aigu, obtenus au moyen de rations artificielles renfermant respectivement 66 pour 100 de glucose et de galactose, entraînent une imprégnation lactique importante du muscle et une augmentation du taux des composés réducteurs glucidiques, des orthophosphates et du phosphore total acidosoluble. En rapport avec l'évolution plus rapide des accidents polynévritiques, on note des taux d'acide lactique et de substances

(1) R. Lecoq, *Déséquilibres alimentaires et nutritifs*, Paris, 1938.

réductrices plus élevés dans le déséquilibre glucidique aigu que dans l'avitaminose B; il ne semble pas cependant que l'apparition des crises polynévritiques soit liée à une accumulation momentanée de ces corps dans le muscle (²).

Il nous a paru intéressant de rechercher, en relation avec les faits précédents, les différences de composition de muscle pouvant se manifester chez le Pigeon au cours d'une avitaminose B d'évolution plus lente, le saccharose étant substitué au glucose par exemple, et au cours d'un déséquilibre atténué, obtenu très simplement par addition de 5 pour 100 de sulfate de sodium à un régime à base de saccharose, normalement complété par addition de doses échelonnées de levure de bière.

Voici la composition centésimale des régimes utilisés :

	I.	II.	III.
Caséine purifiée	6	6	6
Fibrine purifiée	5	5	5
Ovalbumine purifiée	5	5	5
Graisse de beurre	4	4	4
Glucose	66	–	–
Saccharose	–	66	61
Sulfate de sodium cristallisé	–	–	5
Mélange salin d'Osborne et Mendel	4	4	4
Agar-agar	8	8	8
Papier filtre	2	2	2

Donnés par gavage à des pigeons adultes de 350g environ, à raison de 20g par jour, dose énergétiquement satisfaisante, les régimes I et II permettent de longues survies quand ils sont complétés par addition quotidienne suffisante de levure de bière desséchée (dose optima : 2g par jour), bonne source de vitamines B. En l'absence de levure, on voit apparaître chez les pigeons recevant ces régimes des crises polynévritiques typiques, et la mort des animaux survient assez régulièrement du 13e au 20e jour d'expérience avec le régime au glucose, et du 16e au 20e jour avec le régime au saccharose.

(²) R. Lecoq et R. Duffau, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 449.

Les résultats obtenus avec le régime III varient suivant la dose de levure ajoutée quotidiennement. Avec 0g,50, les pigeons meurent du 4e au 6e mois, après avoir présenté des crises polynévritiques, le déséquilibre atténué se superposant ici à l'avitaminose B fruste. Avec 1 et 2g de levure, les sujets ont des survies de 5 à 7 mois, mais présentent avant la mort des accidents polynévritiques dus au déséquilibre minéral. Avec 4g de levure, fournissant une quantité de vitamines B double de la dose optima, il semble que les troubles dus au déséquilibre minéral soient compensés, les animaux présentant de longues survies sans incidents.

Les pigeons soumis aux régimes sans levure furent sacrifiés par section de l'encéphale, en période de crises polynévritiques, du 17e au 19e jour dans le cas du saccharose et du 12e au 14e jour dans le cas du glucose. Les animaux recevant les mêmes régimes complétés avec 2g de levure furent tués au 6e mois d'expérience. Enfin, les pigeons recevant le régime au saccharose déséquilibré par addition de sulfate de sodium furent sacrifiés au bout de 5 mois (sujets recevant 0g,50 de levure par jour) ou de 6 mois (tous les autres sujets). Dans tous les cas, le prélèvement du muscle, la fixation et le dosage des principaux constituants furent pratiqués selon les méthodes préconisées par l'un de nous ([3]). Les résultats groupés dans le tableau ci-dessous représentent les moyennes de 3 à 4 animaux, et sont exprimés en milligrammes de composés réducteurs glucidiques, d'acide lactique ou de phosphore.

Nature du régime	66 % saccharose	66 % glucose	66 % saccharose	66 % glucose	61 % de saccharose et 5 % de sulfate de sodium			
	+ 2g levure		sans levure		+ 0g,50 lev.	+ 1g lev.	+ 2g lev.	+ 4g lev.
ée du régime	6 m	6 m	17–19 j	12–14 j	5 m	6 m	6 m	6 m
posés réducteurs glucidiques taux	224	247	252	216	339	323	309	311
le lactique	230	212	257	248	199	206	186	117
ophosphates	87	80	97	124	79	86	84	70
le créatinephosphorique	11	10	10	6,5	7	14	12	7
le adénylpyrophosphorique	24	23	22	22	18	16	21	19
rs facilement hydrolysables	20	22	23	19,7	21	26	24	22
sphore total acidosoluble	179	180	190	224	162	187	185	167

Interprétation des résultats et conclusions. — Dans l'avitaminose B totale,

([3]) R. Duffau, *Bull. Sc. pharmacol.*, 43, 1936, p. 577.

l'imprégnation lactique du muscle du Pigeon est toujours nette, quelle que soit la nature du glucide du régime expérimental; mais le taux de glucides réducteurs du tissu musculaire s'élève avec le saccharose et le taux des orthophosphates et du phosphore total acido-soluble s'exagèrent avec le glucose.

Le déséquilibre minéral atténué obtenu par addition de sulfate de sodium à un régime à base de saccharose s'accompagne d'une augmentation sensible des composés réducteurs musculaires, alors que l'acide lactique et les orthophosphates n'augmentent pratiquement pas.

Un large apport de vitamines B permettant au Pigeon de s'adapter au déséquilibre minéral atténué entraîne la production réactionnelle d'un équilibre humoral particulier, se traduisant par des taux d'acide lactique et d'orthophosphates inférieurs à la normale.

PHARMACOLOGIE. — *Sur les effets hypotenseurs et vaso-dilatateurs de la cryptolépine*. Note (¹) de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Paul Portier.

Du *Cryptolepis sanguinolenta* Schlechter, que la thérapeutique indigène africaine utilise comme stomachique ainsi que *contre la fatigue et la courbature*, Michiels (²) a extrait un alcaloïde, la cryptolépine, que nul avant nous n'avait étudié au point de vue pharmacologique.

Après avoir montré que la cryptolépine provoque une forte hypothermie et diminue beaucoup les effets hypertenseurs et vasoconstricteurs rénaux de l'adrénaline (³), nous ferons connaître aujourd'hui les effets circulatoires de cet alcaloïde que nous avons pu extraire, en quantité suffisante, de matériaux récoltés pour nous en Nigeria.

Nos expériences nous ont appris que la cryptolépine produit, chez le Chien, une forte et assez durable hypotension. C'est ainsi que, à la dose de 5^{mg} par kilogramme, cet alcaloïde a provoqué, chez des chiens bivagotomisés, une chute de la pression artérielle qui a dépassé 5^{cm} de Hg (*fig.* 1 et 2).

(¹) Séance du 14 novembre 1938.
(²) E. Clinquart, *Bull. Acad. Méd. Belgique*, 5ᵉ série, 9, 1929, p. 627.
(³) Raymond-Hamet, *C. R. Soc. Biol.*, 126, 1937, p. 768.

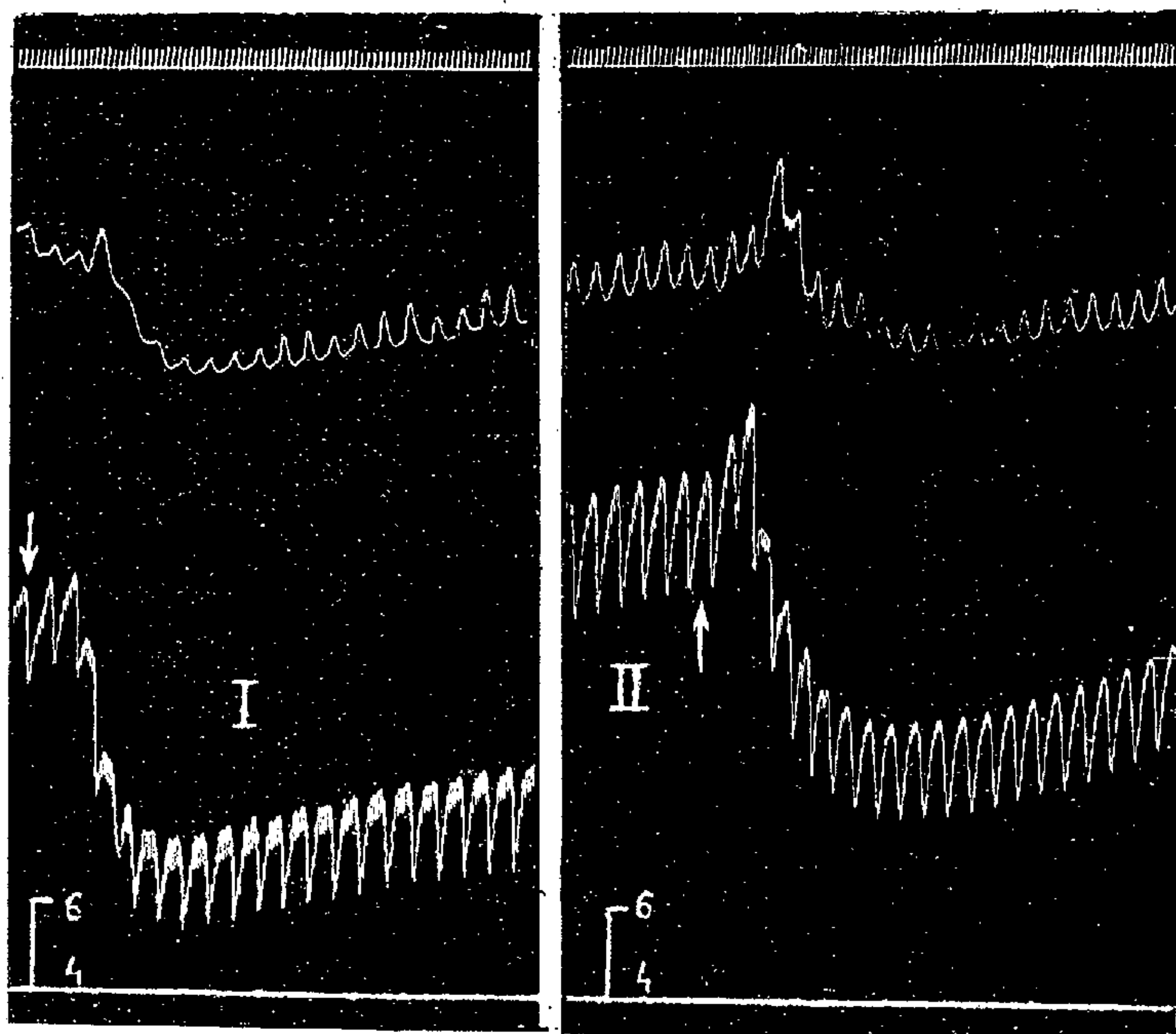


Fig. 1 et 2. — Chiens anesthésiés par le chloralose (12cg par kg), bivagotomisés au cou et soumis à la respiration artificielle. 1re ligne : temps en secondes. 2e ligne : variations du volume du rein enregistrées par l'oncographe d'Hallion et Comte par nous modifié. 3e ligne : modifications de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. I. Expérience du 12 mars 1938. Chien de 8kg,500. II. Expérience du 16 mars 1938. Chien de 9kg. Aux points marqués par les flèches, on a injecté dans la saphène, en I, 42mg,5, en II, 45mg de chlorhydrate de cryptolépine. Tracés réduits de 1/4.

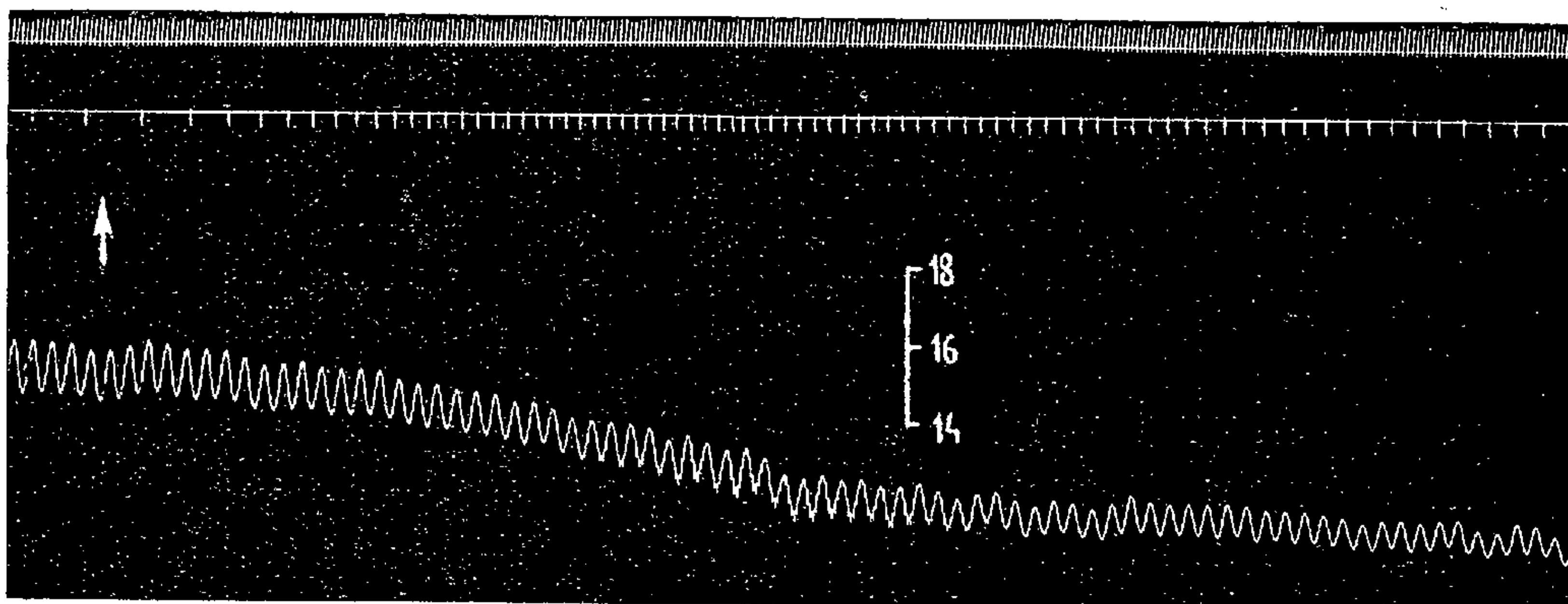


Fig. 3. — Expérience du 16 avril 1938. Chienne de 20kg, anesthésiée par le chloralose (12cg par kg), bivagotomisée au cou, soumise à la respiration artificielle et ayant reçu, pour rendre son sang incoagulable, une injection intraveineuse de 180mg de polyanétholsulfonate de sodium. 1re ligne : temps en secondes. 2e ligne : modifications de l'écoulement sanguin de la veine fémorale enregistrées au moyen d'un compteur de débit du type Condon. 3e ligne : variations de la pression carotidienne enregistrées par le manomètre à mercure. Au point marqué par la flèche, on a injecté, dans une ramification de l'artère fémorale, 10mg de chlorhydrate de cryptolépine dissous dans 2cm³ de soluté physiologique de chlorure de sodium. Tracé réduit de 35 pour 100.

Cette hypotension s'est accompagnée de modifications du volume du rein qui, comme à l'accoutumée, ont été presque parallèles aux variations de la pression carotidienne.

Grâce à la méthode de Schilf par nous modifiée, nous avons pu nous assurer que cette hypotension est due principalement à une vaso-dilatation très forte et très prolongée. C'est ainsi qu'après l'injection de 10^{mg} de chlorhydrate de cryptolépine dans une ramification de l'artère fémorale d'une chienne de 20^{kg}, l'écoulement de la veine fémorale correspondante a quadruplé et est resté pendant assez longtemps très supérieur à ce qu'il était avant qu'on ait fait agir le produit (*fig.* 3).

On est en droit de penser que cette forte action hypotensive et vaso-dilatatrice de la cryptolépine justifierait une étude thérapeutique de cet alcaloïde.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le rougissement du Criquet pèlerin.* Note de M. **Rémy Chauvin**, présentée par M. Émile Roubaud.

Künckel d'Herculais a signalé [1] que le Criquet pèlerin, comme le Homard, rougit dans l'eau bouillante. Verne ayant découvert plus tard que le changement de coloration du Homard provient de la décomposition d'un carotiprotide, il semblait naturel d'attribuer au même phénomène chez le Criquet pèlerin la même explication. Mes recherches personnelles m'ont amené à des conclusions bien différentes.

Admettant *a priori* l'existence d'un carotiprotide, j'essayai d'extraire ce corps selon la méthode de Verne, à l'aide du sérum physiologique dilué; mais je ne pus y réussir. Il me fut également impossible de dissoudre le carotinoïde hypothétique après sa libération par la chaleur. D'autres phénomènes, dont je parlerai tout à l'heure, me firent, d'ailleurs, douter de l'existence d'un corps de cet ordre.

Le rougissement par l'eau bouillante survient principalement au niveau des granulations hypodermiques jaune brunâtre qui persistent sur les coupes à la paraffine comme les mélanines. Or les essais d'extraction par les méthodes d'Abel et Davis, de Piettre etc. ne donnèrent aucun résultat, ni avant, ni après rougissement par la chaleur.

---

(1) *Comptes rendus*, 114, 1893, p. 240.

Ce phénomène ne se produit pas seulement par la chaleur, mais par l'alcool, le benzène etc., et même l'eau pure quand la décomposition commence. On a signalé aussi une rubéfaction au cours des infections chez *Schistocerca paranensis*, très voisin de *S. gregaria*. De plus, les téguments rougissent dans les réducteurs comme l'hydrosulfite de sodium; on peut alors les faire revenir rapidement à leur teinte primitive par l'eau oxygénée, puis les faire rougir à nouveau par la solution réductrice. Le même phénomène peut se reproduire cinq ou six fois de suite, en s'affaiblissant chaque fois.

Extraction. — Les téguments, rougis dans une solution concentrée d'hydrosulfite, sont lavés, séchés au papier-filtre et broyés avec du sable. La poudre rouge est épuisée par l'alcool absolu *à froid* (très important). Beaucoup d'impuretés, et notamment les carotinoïdes, sont ainsi entraînées. On agite la poudre avec de l'alcool absolu + 5 pour 100 d'acide chlorhydrique normal. On filtre, on concentre dans le vide, on précipite par l'éther en grand excès, on reprend par l'alcool-acide. Le pigment brun du tégument frais s'extrait de la même façon et donne une liqueur jaune brun.

Propriétés. — Pour la commodité de cet exposé j'appellerai acridioxanthine le pigment brunâtre et acridioérythrine le composé rouge qui en résulte par réduction. L'acridioérythrine est soluble dans les alcools méthylique et éthylique acidifiés par l'acide chlorhydrique, insoluble dans les solvants des corps gras. La solution rouge acide, alcalinisée par la soude, vire au jaune au bout d'un certain temps et revient au rouge par réacidification. Après précipitation de l'acridioérythrine par l'éther, on peut reprendre le précipité par l'eau distillée, alcalinisée par 1 pour 100 au minimum de soude normale. La solution rouge sang se décolore très vite et passe au jaune très pâle. La liqueur alcoolique rouge chauffée se décolore également.

L'acridioxanthine est soluble dans les mêmes réactifs que l'acridioérythrine. La solution dans l'alcool-acide ou dans l'eau alcaline ne rougit pas par la chaleur. Après adjonction d'éther, le précipité, passé par l'eau oxygénée et mis en suspension dans une solution d'hydrosulfite, rougit faiblement. La très vive rubéfaction du tégument frais doit être en rapport avec la structure physique des granules hypodermiques. Si, sur une coupe épaisse à la paraffine, on dépose une goutte de solution d'hydrosulfite, on obtient un rougissement immédiat. Une goutte d'alcool-acide fait disparaître aussitôt la coloration.

Ces pigments énigmatiques semblent à première vue se rapprocher des anthocyanes des feuilles d'automne, qui dérivent par réduction de composés flavoniques jaunâtres (Combes). Une des réactions les plus caractéristiques des anthocyanes (dissolution dans l'alcool + acide acétique et précipitation par l'extrait de Saturne) est malheureusement impossible ici, l'acridioérythrine étant insoluble dans les mélanges d'alcool et d'acide acétique. De plus, sa purification est très difficile; je n'ai pu jusqu'ici l'obtenir à l'état cristallisé et le spectre n'offre pas de bandes distinctes.

A tous les stades, chez le Criquet pèlerin grégaire, il existe un rougissement très net, particulièrement marqué chez l'adulte immature, beaucoup moins chez les adultes âgés, depuis longtemps à maturité sexuelle. J'ai décelé, de plus, l'acridioérythrine chez *Locusta migratoria* (*transiens dissocians*) et chez *Stenobothrus*. Chez *Nemobius* (Gryllides) le rougissement est faible et localisé. Je n'ai pu expérimenter chez les *Phasgonurides*.

En résumé, on trouve chez le Criquet pèlerin et chez d'autres Acridiens un composé jaune hypodermique virant au rouge par réduction. Certaines des propriétés de ce corps (solubilité, virage par les alcalis) semblent le rapprocher des anthocyanes, mais il est impossible de se prononcer définitivement tant qu'on n'aura pu en obtenir le spectre ou les cristaux.

MM. **Maurice Mercier** et **A. Seguin** adressent [1] un Mémoire intitulé *Les fontaines* ardentes *du Dauphiné*.

A 15h40 l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.

[1] Séance du 14 novembre 1938.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 NOVEMBRE 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 21 novembre 1938, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Paul Wintrebert** pour occuper dans la Section d'Anatomie et Zoologie la place vacante par le décès de M. *F. Mesnil.*

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Paul Wintrebert** prend place parmi ses Confrères.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Composition azotée des feuilles panachées.* Note de MM. **Marin Molliard**, **Robert Échevin** et **Arthur Brunel**.

Divers auteurs (Church, Molliard, Gransire etc.) ont montré que les feuilles présentant le phénomène de l'albinisme se distinguent en particulier par un taux élevé de l'azote soluble. Reprenant l'étude de cette question, nous avons cherché à préciser la manière dont se comportent à cet égard les différents composés azotés et à comparer les résultats fournis, d'un côté par les feuilles albinisées d'origine microbienne, et d'autre part par les feuilles dont l'atténuation de la chlorophylle résulte de l'action d'une atmosphère enrichie en oxygène et dont l'aspect n'est pas sans rappeler celui des feuilles jaunes d'automne.

Dans tous les cas, les feuilles étaient desséchées dans le vide, à la température du laboratoire, en présence de chlorure de calcium, puis broyées au moulin; la poudre épuisée par l'acide trichloracétique fournit : 1° un filtrat, qui est kjeldalisé et renseigne sur la quantité d'azote soluble; 2° un résidu qui donne par le même traitement l'azote protéique. L'azote des

nitrates et nitrites a été déterminé par la réaction que donnent ces substances avec le liquide hydrostrychnique de Denigès et le dosage spectrophotométrique correspondant.

L'azote ammoniacal a été évalué par distillation sous le vide, à une température inférieure à 50°, d'une fraction de l'extrait trichloracétique, introduit dans l'appareil de Yovanovitch, et à laquelle on ajoutait un excès de carbonate de lithium; l'ammoniaque était recueillie sur de l'acide sulfurique décinormal.

L'azote amidé était évalué par la méthode de Sachs, consistant à transformer les amides en ammoniaque.

L'azote allantoïque a été dosé par la méthode spectrophotométrique établie par Fosse, Brunel et Thomas. L'allantoïne a été dosée en la transformant en acide allantoïque par l'action de l'allantoïnase préparée à partir des graines de Soja; le dosage est le même que le précédent et il suffit de retrancher du résultat obtenu l'acide allantoïque préformé qu'on vient de déterminer d'autre part.

L'azote des fonctions aminées a été évalué par la méthode de Van Slyke, consistant à mesurer l'azote gazeux qui se produit sous l'action de l'acide nitreux en présence des acides aminés.

Les plantes sur lesquelles ont porté tout d'abord nos analyses se rapportent à deux espèces qui se présentent communément sous la forme verte normale, la forme panachée et enfin la forme entièrement blanche; ce sont l'*Acer Negundo* et le *Pelargonium zonale*, variété Mme Salleron.

Les résultats obtenus pour ces plantes sont consignés dans le tableau qui suit, où les nombres expriment en milligrammes les teneurs correspondant à 100^g de substance sèche :

	Azote								
	total.	protéique.	soluble.	nitrique.	ammon.	amidé.	de l'allantoïne.	de l'acide allantoïque.	aminé.
Acer Negundo.									
Feuilles vertes	3360	3010	350	traces	0	0	traces	traces	138
Feuilles panachées	4030	3421	609	traces	31	53	39	72	191
Feuilles blanches	6790	3610	3180	88	262	215	796	956	641
Pelargonium zonale var. *Mme Salleron.*									
Feuilles vertes	4213	3300	601	traces	41	42	0	traces	306
Feuilles panachées	4207	3294	913	traces	103	71	traces	traces	321
Feuilles blanches (juillet)	5113	3446	1647	90	203	229	traces	58	783
Feuilles blanches (octobre)	6671	2940	3731	153	328	636	traces	103	1378

Les principaux faits qui se dégagent de ce tableau sont les suivants : en premier lieu il se produit une augmentation notable de l'azote total en fonction de l'intensité de la panachure, mais cette augmentation provient surtout de l'accumulation de l'azote soluble, et il est normal de penser qu'il s'agit pour ce dernier d'une absence d'utilisation et d'une synthèse atténuée des matières protéiques. Nous constatons d'autre part que l'azote des nitrates et nitrites, à peine décelable chez les feuilles vertes ou panachées, subsiste en quantité appréciable dans les feuilles entièrement blanches des deux espèces envisagées.

Pour l'*Acer Negundo*, dont les feuilles vertes ne contiennent que des traces d'allantoïne et d'acide allantoïque, nous constatons une énorme accumulation de ces deux uréides glyoxyliques dans les feuilles partiellement ou totalement dépourvues de chlorophylle ; on sait que les substances en question ont été signalées et étudiées pour la première fois par Fosse chez les jeunes pousses, à peine chlorophylliennes, d'un autre Érable, l'*Acer Pseudo-Platanus*.

Dans une moindre proportion, mais encore notable, nous voyons aussi augmenter sensiblement l'azote aminé, l'azote amidé et l'azote ammoniacal, l'ensemble de ces substances ayant la même signification que les précédentes.

Pour le *Pelargonium zonale* étudié, les résultats ne sont pas sensiblement différents, mais ici l'allantoïne et l'acide allantoïque, encore présents, jouent un rôle beaucoup plus effacé, et l'augmentation de l'azote soluble porte surtout sur l'azote aminé, l'azote amidé et l'ammoniaque.

Il nous reste à considérer comment se comportent à l'égard des substances azotées les plantes qui subissent l'action d'une atmosphère enrichie en oxygène et dont le pigment chlorophyllien est de ce fait notablement atténué. Les expériences mettant en évidence cette action (Molliard) ont porté sur le Radis et ont été reprises en vue d'établir le retentissement sur la composition azotée ; les cultures aseptiques ont été effectuées dans des vases où était maintenu un courant d'air de teneur en oxygène variable avec les différents lots ; les racines se développaient dans le même milieu gélosé et sucré ; ces plantes ont été comparées d'autre part à des Radis qui se sont développés simultanément sur de la terre, à la même lumière que les précédents.

Les organes verts, récoltés au bout de 40 jours de culture, ont été desséchés comme les feuilles des espèces qui viennent d'être envisagées, et ont donné à l'analyse les résultats qui suivent, rapportés en milligrammes d'azote à 100^g de substance sèche.

Radis.	Azote total.	protéique.	soluble.	nitrique.	ammon.	amidé.	aminé.
Culture normale.....	3827	3198	629	162	37	52	211
Milieu sucré.							
5 % d'oxygène..	2740	1950	790	63	34	113	203
20 % » ..	3132	2276	856	72	44	127	262
30 % » ..	4700	3176	1524	370	51	257	482
40-50 % » ..	3690	2558	1130	252	65	163	363

Ce tableau ne comprend plus de nombres relatifs à l'azote des uréides glyoxyliques, qui n'existent pas, ou seulement à l'état de traces à peine décelables dans les feuilles du Radis.

Nous retrouvons une augmentation notable de l'azote nitrique pour les feuilles développées dans une atmosphère dont la teneur en oxygène est de 30 à 50 pour 100, par rapport à celles dont la croissance s'est effectuée en présence de 20 ou de 5 pour 100 d'oxygène; on retrouve ici une inaptitude des feuilles en partie dépigmentées à réduire les nitrates et le phénomène apparaît comme indépendant du mécanisme qui a présidé à l'atténuation du pigment vert.

Nous constatons d'autre part un accroissement du taux de l'azote soluble chez les Radis qui ont cru en présence d'un air enrichi en oxygène et dont les feuilles témoignent par leur coloration d'un début de destruction du pigment vert; cette accumulation d'azote soluble porte sur les fonctions amine, amide et ammoniacale; les acides aminés sont seuls à jouer le rôle qu'ils partageaient chez les plantes panachées que nous avons considérées avec les uréides glyoxyliques.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages M. **P. Lebeau** est élu Membre de la *Commission de Contrôle de la circulation monétaire* en remplacement de M. *G. Urbain* décédé.

Par la majorité absolue des suffrages M. **Wander J. de Haas** est élu Correspondant pour la Section de Physique générale en remplacement de M. *Ch.-Ed. Guillaume* décédé.

Par la majorité absolue des suffrages M. **Israël Holmgren** est élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie en remplacement de M. *I. Pavlov* décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *The Geometry of Determinantal Loci* by T. G. Room.

2° Encyclopédie entomologique. XX. *La Biologie des Orthoptères* par Lucien Chopard (présenté par M. L. Bouvier).

M. **Armand Lambert** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section d'Astronomie par le décès de M. *A. de la Baume Pluvinel.*

M. **André Kling** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à l'une des places vacantes dans la Division des Académiciens libres.

ALGÈBRE. — *Sur les anneaux linéaires.*

Note [1] de M. **Stanislaw Mazur**, présentée par M. Élie Cartan.

Un ensemble $\mathfrak{A}$ (d'éléments quelconques) est dit un *anneau linéaire*, lorsque la multiplication αA des nombres réels α par les éléments A, l'addition $A + B$ et la multiplication AB des éléments A, B de cet ensemble sont définies de façon que : 1° $\mathfrak{A}$ soit un espace linéaire par rapport aux opérations αA et $A + B$; 2° $A(BC) = (AB)C$, $A(B + C) = AB + AC$, $(B + C)A = BA + CA$, $(\alpha A)(\beta B) = (\alpha\beta)(AB)$. Un élément I, tel que $IA = AI = A$ s'appelle un *élément-unité*. Un anneau linéaire $\mathfrak{A}$ est dit *commutatif*, lorsque $AB = BA$. Un anneau linéaire $\mathfrak{A}$ *a un nombre fini de dimensions*, s'il existe des éléments $A_1, A_2, \ldots, A_n$, tels que chaque élément A s'exprime sous la forme $A = \alpha_1 A_1 + \alpha_2 A_2 + \ldots + \alpha_n A_n$,

---

(1) Séance du 14 novembre 1938.

où $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n$ sont des nombres réels; dans le cas contraire on dit que $\mathfrak{A}$ est un anneau *à une infinité de dimensions*. On appellera un anneau linéaire $\mathfrak{A}$ un *domaine linéaire d'intégrité* (resp. *de rationalité*), lorsque l'équation $AX = B$, ainsi que l'équation $XA = B$, admet pour $A \neq 0$ au plus une (resp. exactement une) solution. L'anneau linéaire $\mathfrak{A}$ est *isomorphe* à l'anneau linéaire $\mathfrak{B}$, s'il existe une représentation $\Phi(X)$ biunivoque de $\mathfrak{A}$ sur $\mathfrak{B}$, telle que

$$(1)\quad \Phi(\alpha A) = \alpha\Phi(A), \qquad \Phi(A + B) = \Phi(A) + \Phi(B), \qquad \Phi(AB) = \Phi(A)\,\Phi(B).$$

Un anneau linéaire $\mathfrak{A}$ sera dit *du type* (B^*), si l'on a défini une *norme* $|A|$, c'est-à-dire une fonctionnelle, telle que : 1° $|A| > 0$ pour $A \neq 0$; 2° $|\alpha A| = |\alpha|\,|A|$; 3° $|A + B| \leqq |A| + |B|$; 4° $|AB| \leqq |A|\,|B|$. $\mathfrak{A}$ est alors un espace linéaire normé par rapport aux opérations αA, $A + B$ et la norme $|A|$; s'il est complet, $\mathfrak{A}$ sera dit un anneau *du type* (B). L'anneau $\mathfrak{A}$ du type (B^*) est *isomorphe* (resp. *équivalent*) à l'anneau $\mathfrak{B}$ du type (B^*), s'il existe une représentation $\Phi(X)$ homéomorphe (resp. isométrique) de $\mathfrak{A}$ sur $\mathfrak{B}$, satisfaisant aux conditions (1) ([2]).

D'après un théorème bien connu de G. Frobenius, chaque domaine linéaire d'intégrité à un nombre fini de dimensions est isomorphe à un des domaines de rationalité suivants : celui des nombres réels, des nombres complexes ou des quaternions. La démonstration de ce théorème donnée par M. L. Dickson ([3]) fait savoir aisément que :

a. Chaque domaine linéaire d'intégrité à une infinité de dimensions pourvu d'un élément-unité, contient un domaine linéaire d'intégrité isomorphe à celui de tous les polynomes à coefficients réels;

b. Chaque domaine linéaire de rationalité à une infinité de dimensions contient un domaine linéaire de rationalité isomorphe à celui de toutes les fonctions rationnelles à coefficients réels.

L'adjonction d'un élément-unité étant toujours possible, il découle facilement de *a* que

c. Chaque domaine linéaire d'intégrité à une infinité de dimensions contient un domaine linéaire d'intégrité isomorphe à celui de tous les polynomes à coefficients réels, nuls au point zéro.

Le résultat principal de la Note présente est le

([2]) Quant aux définitions employées, voir M. Nagumo, *Jap. J. Math.*, **13**, 1936, p. 61-80.

([3]) L. E. Dickson, *Algebren und ihre Zahlentheorie*, 1927, p. 43-46.

Théorème I. — *Chaque domaine de rationalité du type* (B^*) *est isomorphe au domaine de rationalité des nombres réels, des nombres complexes ou des quaternions.*

On démontre ce théorème en établissant la non-existence d'une norme dans le domaine de rationalité de toutes les fonctions rationnelles à coefficients réels, et s'appuyant sur le théorème de Frobenius et la remarque *b*.

Corollaire. — $A(x)$ *étant une transformation linéaire d'un espace linéaire normé en une de ses parties, il existe des nombres réels* α *et* β, *tels que ou bien l'équation* $A^2(x)+\alpha A(x)+\beta x=0$ *admette une solution non nulle, ou bien l'équation* $A^2(x)+\alpha A(x)+\beta x=y$ *n'admette pas de solution pour certains* y.

En s'appuyant sur la remarque *c*, on déduit du théorème I le

Théorème II. — *Chaque anneau du type* (B^*), *dont la norme satisfait à la condition* $|AB|=|A|\,|B|$, *est équivalent au domaine de rationalité des nombres réels, des nombres complexes ou des quaternions.*

Lorsque $\mathfrak{A}$ est un anneau linéaire pourvu (respectivement non pourvu) d'un élément-unité, l'élément A sera dit *algébrique d'ordre* $\leqq n$, si $A^n+\alpha_1 A^{n-1}+\ldots+\alpha_n I=0$ (resp. $A^n+\alpha_1 A^{n-1}+\ldots+\alpha_{n-1}A=0$), où $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n$ (resp. $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{n-1}$) sont des nombres réels; si l'élément A n'est pas algébrique d'ordre $\leqq n$ quel que soit n, il sera dit *transcendant*.

En raisonnant comme dans la démonstration du théorème analogue relatif aux nombres algébriques ordinaires ([4]), on obtient

d. Si A et B sont des éléments algébriques d'un anneau linéaire, d'ordre $\leqq p$ resp. $\leqq q$, et si $AB=BA$, alors $A+B$ et AB sont des éléments algébriques d'ordre $\leqq pq$.

En s'appuyant sur les remarques *c* et *d* on obtient encore le

Théorème III. — *Si un anneau commutatif du type* (B) *ne contient pas un domaine linéaire d'intégrité à une infinité de dimensions, il existe un nombre n tel que chaque élément est un élément algébrique d'ordre* $\leqq n$.

Ce théorème cesse d'être vrai dans le cas des anneaux commutatifs du type (B^*); la question de sa validité dans le cas des anneaux arbitraires (non nécessairement commutatifs) du type (B) n'est pas résolue. L'hypothèse $AB=BA$ dans la remarque *d* est essentielle : dans certains anneaux linéaires il existe des éléments A et B, tels que $A+B$ et AB sont transcendants, bien que A et B soient algébriques d'ordre $\leqq 2$.

([4]) E. Landau, *Einführung in die elementäre und analytische Theorie der algebraischen Zahlen und der Ideale*, 1927, p. 6-7.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Quelques généralisations relativistes des équations fondamentales de la mécanique analytique.* Note ([1]) de M. **Bernard Kwal**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les équations canoniques de Hamilton ont été généralisées grâce à l'introduction de plusieurs variables indépendantes ([2]). Nous avons pensé qu'il serait intéressant de pousser la tentative de généralisation aussi loin que possible, en partant d'un principe variationnel *tensoriel* et non pas scalaire, comme on le fait habituellement. On aboutit ainsi aux équations canoniques faisant intervenir un *hamiltonien tensoriel.*

Voici quelques cas relativement simples que nous avons examinés.

Premier cas. — Nous partons du principe variationnel ([3]).

$$(1, 1) \qquad \delta \underbrace{\int \dots \int}_{\nu} \mathcal{L}_\alpha\left(q_\beta^{(k)}, \frac{\partial q_\gamma^{(k)}}{\partial x_\gamma}, x_\gamma\right) d\Omega = 0.$$

En posant

$$(1, 2) \qquad p_\alpha^{(k)} = \frac{\partial \mathcal{L}_\alpha}{\partial\left(\dfrac{\partial q_\gamma^{(k)}}{\partial x_\gamma}\right)}, \qquad \delta H_\alpha = -\frac{\partial \mathcal{L}_\gamma}{\partial q_\alpha^{(k)}} \delta q_\gamma^{(k)} + \frac{\partial q_\gamma^{(k)}}{\partial x_\alpha} \delta p_\gamma^{(k)},$$

les équations canoniques que nous obtenons sont

$$(1, 3) \qquad \frac{\partial H_\alpha}{\partial p_\beta^{(k)}} = \frac{\partial q_\beta^{(k)}}{\partial x_\alpha}, \qquad \frac{\partial H_\alpha}{\partial q_\beta^{(k)}} = -\frac{\partial p_\beta^{(k)}}{\partial x_\alpha},$$

qui admettent le théorème de Jacobi, défini par les équations

$$(1, 4) \qquad H_\alpha = -\frac{\partial \varphi}{\partial x_\alpha}, \qquad p_\alpha^{(k)} = \frac{\partial \varphi}{\partial q_\alpha^{(k)}}, \qquad b_\alpha^{(k)} = \frac{\partial \varphi}{\partial a_\alpha^{(k)}}.$$

Les équations canoniques (1, 4) et (1, 5) entraînent l'équation de continuité $\partial H_\alpha / \partial x_\alpha = 0$.

Deuxième cas. — Nous partons du principe variationnel

$$(2, 1) \qquad \delta \underbrace{\int \dots \int}_{\nu} \mathcal{L}_\alpha\left(q_{\beta\gamma}^{(k)}, \frac{\partial q_{\beta\gamma}^{(k)}}{\partial x_\gamma}, x_\gamma\right) d\Omega = 0.$$

([1]) Séance du 21 novembre 1938.

([2]) Cf. Th. De Donder, *Théorie invariantive du Calcul des variations*, 2e éd., Paris, 1935.

([3]) L'indice α varie de 1 à ν, ν étant le nombre de dimensions de l'espace considéré. L'indice k varie de 1 à n, n étant le nombre de couples de variables canoniques.

En posant

(2, 2) $$p_{\alpha\beta}^{(k)} = \frac{\partial \mathcal{L}_\alpha}{\partial\left(\dfrac{\partial q_{\beta\gamma}^{(k)}}{\partial x_\gamma}\right)}, \qquad \delta H_\alpha = -\frac{\partial \mathcal{L}_\beta}{\partial q_{\gamma\alpha}^{(k)}}\delta q_{\beta\gamma}^{(k)} + \frac{\partial q_{\beta\gamma}^{(k)}}{\partial x_\alpha}\delta p_{\beta\gamma}^{(k)},$$

nous obtenons

(2, 3) $$\frac{\partial H_\alpha}{\partial p_{\beta\gamma}^{(k)}} = \frac{\partial q_{\beta\gamma}^{(k)}}{\partial x_\alpha}, \qquad \frac{\partial H_\alpha}{\partial q_{\beta\gamma}^{(k)}} = -\frac{\partial p_{\beta\gamma}^{(k)}}{\partial x_\alpha},$$

et le théorème de Jacobi est défini par les équations

(2, 4) $$H_\alpha = -\frac{\partial \varphi}{\partial x_\alpha}, \qquad p_{\beta\gamma}^{(k)} = \frac{\partial \varphi}{\partial q_{\beta\gamma}^{(k)}}, \qquad b_{\beta\gamma}^{(k)} = \frac{\partial \varphi}{\partial a_{\beta\gamma}^{(k)}}.$$

Troisième cas. — Nous partons du principe variationnel

(3, 1) $$\delta \underbrace{\int \cdots \int}_{\nu} \mathcal{L}_\alpha\left(q_\beta^{(k)}, \frac{\partial q_\beta^{(\alpha)}}{\partial x_\gamma} - \frac{\partial q_\gamma^{(k)}}{\partial x_\beta}, x_\gamma\right) d\Omega = 0.$$

En posant

(3, 2) $$p_{\alpha\beta\gamma}^{(k)} = \frac{\partial \mathcal{L}_\alpha}{\partial \frac{1}{2}\left(\dfrac{\partial q_\beta^{(k)}}{\partial x_\gamma} - \dfrac{\partial q_\gamma^{(k)}}{\partial x_\beta}\right)}, \qquad \delta H_\alpha = -\frac{\partial \mathcal{L}_\beta}{\partial q_\alpha^{(k)}}\delta q_\beta^{(k)} + \frac{\partial q_\beta^{(k)}}{\partial x_\gamma}\delta p_{\beta\gamma\alpha}^{(k)},$$

nous obtenons

(3, 3) $$\frac{\partial H_\alpha}{\partial p_{\beta\gamma\lambda}^{(k)}} = \frac{\partial q_\beta^{(k)}}{\partial x_\gamma}\Delta_{\alpha\lambda}, \qquad \frac{\partial H_\beta}{\partial q_\alpha^{(k)}} = -\frac{\partial p_{\alpha\beta\gamma}^{(k)}}{\partial x_\gamma},$$

$\Delta_{\alpha\lambda}$ étant le symbole de Kronecker ($= 1$ lorsque $\alpha = \lambda$, $= 0$ lorsque $\alpha \neq \lambda$).

Le théorème de Jacobi est défini par les équations

(3, 4) $$H_\alpha = \frac{\partial F_{\alpha\beta}}{\partial x_\beta}, \qquad p_{\alpha\beta\gamma}^{(k)} = \frac{\partial F_{\beta\gamma}}{\partial q_\alpha^{(k)}}, \qquad b_{\alpha\beta\gamma}^{(k)} = \frac{\partial F_{\beta\gamma}}{\partial a_\alpha^{(k)}} \qquad (F_{\alpha\beta} = -F_{\beta\alpha}).$$

L'équation de continuité $\partial H_\alpha/\partial x_\alpha = 0$ est également satisfaite ici.

Quatrième cas. — Nous partons du principe variationnel

(4, 1) $$\delta \underbrace{\int \cdots \int}_{\nu} \mathcal{L}_{\alpha\beta}\left(q_\gamma^{(k)}, \frac{\partial q_\gamma^{(k)}}{\partial x_\gamma}, x_\lambda\right) d\Omega = 0.$$

En posant

(4, 2) $$p_{\alpha\beta}^{(k)} = \frac{\partial \mathcal{L}_{\alpha\beta}}{\partial\left(\dfrac{\partial q_\gamma^{(k)}}{\partial x_\gamma}\right)}, \qquad \delta H_{\alpha\beta} = -\frac{\partial \mathcal{L}_{\alpha\gamma}}{\partial q_\beta^{(k)}}\partial q_\gamma^{(k)} + \frac{\partial q_\lambda^{(k)}}{\partial x_\beta}\delta p_{\alpha\lambda}^{(k)},$$

nous obtenons

$$\frac{\partial H_{\alpha\beta}}{\partial p_{\gamma\lambda}^{(k)}} = \frac{\partial q_{\lambda}^{(k)}}{\partial x_{\beta}} \Delta_{\alpha\gamma}, \qquad \frac{\partial H_{\alpha\beta}}{\partial q_{\gamma}^{(k)}} = -\frac{\partial p_{\alpha\gamma}^{(k)}}{\partial x_{\beta}}, \tag{4, 3}$$

le théorème de Jacobi étant défini par les équations

$$H_{\alpha\beta} = -\frac{\partial V_{\alpha}}{\partial x_{\beta}}, \qquad p_{\alpha\beta}^{(k)} = \frac{\partial V_{\beta}}{\partial q_{\beta}^{(k)}}, \qquad b_{\alpha\beta}^{(k)} = \frac{\partial V_{\beta}}{\partial a_{\beta}^{(k)}}. \tag{4, 4}$$

On peut évidemment envisager d'autres cas intéressants et, en particulier, examiner les cas mixtes.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur le passage et la diffusion des corpuscules par des barrières de potentiel coulombien.* Note de M. **Gabriel Badarau**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Nous avons donné (¹) une formule rigoureuse du *coefficient de pénétration* d'une barrière coulombienne, *valable seulement pour les particules de moment cinétique nul* (²) à cause du choix particulier de la solution de l'équation de Schrödinger à l'intérieur du noyau. Dans ce qui suit *nous donnons la solution générale du problème.*

Nous partons de l'équation de Schrödinger sous la forme

$$\Delta\Psi + \frac{2m}{\hbar^2}[E - U(r)]\Psi = 0 \tag{1}$$

La symétrie cylindrique du problème autour de la direction des corpuscules incidents permet de poser comme solution (³)

$$\Psi = \sum_{j=0}^{\infty} \chi_j(r)\, P_j(\cos\theta), \tag{2}$$

où $P_j(\cos\theta)$ est un polynome Legendre. Étant données les conditions physiques du problème, $U = U_0$ (const.) pour $0 \leq r < r_0$ et $U = 2Ze^2/r$ pour $r > r_0$, χ_j peut être représenté à l'intérieur du noyau par des fonctions Bessel et à l'extérieur par des fonctions $W_{K,m}$ (⁴). Nous choisirons donc

---

(¹) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 39 et 842.

(²) A faire $m = 0$ dans l'expression de R donné à la fin de la note précédente (¹).

(³) Louis de Broglie, *Ann. de l'Inst. H. Poincaré*, 3, 1933, p. 349.

pour $0 \leqq r < r_0$ une solution de la forme [1]

$$(3)\qquad \Psi_i = \sum_{j=0}^{\infty} (-i)^j \sqrt{\frac{\pi}{2}}\,(2j+1)\,\frac{1}{\sqrt{K_i r}}\,R_j J_{j+\frac{1}{2}}(K_i r)\,P_j(\cos\theta), \qquad K_i = \frac{\sqrt{2m}}{\hbar}\sqrt{E-U_0}$$

continue et finie pour $r = 0$.

De même, pour $r > r_0$, nous prendrons comme solution

$$(4)\qquad \Psi_{(e)} = \sum_{j=0}^{\infty} C_j \frac{1}{4ar}\left[D_j W_{K,m}(i\chi_0 r) + I_j W_{-K,m}(-i\chi_0 r)\right] P_j(\cos\theta)$$

avec

$$(5)\qquad a = \frac{2m}{\hbar^2}E, \qquad m = \sqrt{\frac{1}{4} + j(j+1)}, \qquad \chi_0 = 2\sqrt{a}, \qquad K = i\,\frac{Ze^2}{\hbar}\sqrt{\frac{2m}{E}}.$$

Les coefficients R_j et D_j seront déterminés par les conditions de continuité sur la surface de la sphère

$$\Psi_i(r_0) = \Psi_{(e)}(r_0), \qquad \left(\frac{d\Psi_i}{dr}\right)_{r_0} = \left(\frac{d\Psi_e}{dr}\right)_{r_0};$$

on trouve

$$(6)\qquad \left\{\begin{aligned} R_j &= \frac{K_i^{\frac{1}{2}}}{4a}\,\frac{W^{(0)}_{K,m}\left[\dfrac{\partial}{\partial r} r^{-1} W_{-K,m}\right]_{r=r_0} - W^{(0)}_{-K,m}\left[\dfrac{\partial}{\partial r} r^{-1} W_{K,m}\right]_{r=r_0}}{W^{(0)}_{K,m}\left[\dfrac{\partial}{\partial r} r^{\frac{1}{2}} J\right]_{r=r_0} - r_0^{\frac{1}{2}} J^{(0)}\left[\dfrac{\partial}{\partial r} r^{-1} W_{K,m}\right]_{r=r_0}}\, I_j, \\ D_j &= \frac{W^{(0)}_{-K,m}\left[\dfrac{\partial}{\partial r} r^{\frac{1}{2}} J\right]_{r=r_0} - r^{\frac{1}{2}} J^{(0)}\left[\dfrac{\partial}{\partial r} r^{-1} W_{-K,m}\right]_{r=r_0}}{J^{(0)} r_0^{\frac{1}{2}}\left[\dfrac{\partial}{\partial r} r^{-1} W_{K,m}\right]_{r=r_0} - W^{(0)}_{K,m}\left[\dfrac{\partial}{\partial r} r^{\frac{1}{2}} J\right]_{r=r_0}}\, I_j, \end{aligned}\right.$$

où l'on a désigné par J la fonction $J_{j+1/2}(K_i r)$ et par l'indice (0) la valeur correspondante de la fonction pour $r = r_0$.

La première de ces formules donne le *coefficient de pénétration* $T = R_j R_j^* / I_j I_j^*$ de la barrière coulombienne pour les particules dans l'état j et la deuxième permet de calculer le coefficient de diffusion.

2. Il est à remarquer que ce qu'on appelle ordinairement *coefficient de transmission* dans le cas d'un *trou* de potentiel n'est pas la même chose que le coefficient de transmission d'une barrière unidimensionelle, coefficient

---

[1] Le coefficient $(-i)^j\sqrt{\pi/2}\,(2j+1)$, et mis par analogie avec le développement Rayleigh et est égal avec le coefficient C_j de (4), qui doit être choisi de façon à pouvoir raccorder automatiquement les solutions (3) et (4) pour $K = 0$ (absence de barrière).

qui alors dépend seulement de la forme de la barrière pour un E donné. En effet, dans le cas d'un trou, au phénomène simple de la transmission des parois, s'ajoutent les phénomènes de résonance ayant lieu dans le noyau et étant dus à une *réflexion sur le centre*. De même, ce que nous appellerons désormais *coefficient de pénétration* n'a pas la même forme pour une particule qui sort que pour une particule qui entre, car ces phénomènes changent d'un cas à l'autre à cause de la présence ou de l'absence de l'onde incidente, ce qui nous fait passer d'un problème stationnaire à un problème non stationnaire.

Ces faits physiques se traduisent d'ailleurs dans le langage mathématique par des expressions différentes de ces coefficients, dues à des conditions limites différentes.

3. En ce qui concerne l'emploi effectif des fonctions $W_{K,m}$, et surtout s'il s'agit des évaluations numériques, il faut tenir compte des formes particulières que l'intégrale qui les représente peut prendre pour les différentes valeurs de K. Plus spécialement, dans les conditions de l'équation de Schrödinger l'intégrale de contour se transforme en une intégrale sur l'axe réel ([5]), ce qui simplifie les calculs.

MÉTROLOGIE. — *Détermination simultanée des résistances, courants et forces électromotrices en unités absolues* E. M., *ohm, ampère, volt.* Note de M. **Amédée Guillet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Rappelons que l'on peut aujourd'hui conduire une série de mesures absolues E. M. avec autant de facilité que des mesures relatives et que l'on peut enfin aboutir à des résultats comparables entre eux si l'on s'astreint à l'application d'une technique précise et bien arrêtée.

Il est d'abord indispensable d'installer dans un laboratoire convenablement aménagé les appareils fondamentaux ainsi que les instruments servant aux mesures accessoires, par exemple, pour l'ohm ([1]), une inductance à circuits fixes avec comparateurs spéciaux pour les mesures de longueur, un pendule astronomique et des diapasons pour les mesures de

---

([5]) Whittaker and Watson, *A course of modern analysis* (2e édition), 1914, p. 238 et 334.

([1]) Voir *Bulletin des travaux de l'École Pratique des Hautes Études*, 1892; *L'Éclairage électrique*, 20, 1899, p. 161.

durée. Il ne faut, sous aucun prétexte, avoir à transporter les appareils spéciaux d'un endroit à un autre ou à les manipuler eux-mêmes. Tous les mouvements doivent être faits sur les instruments auxiliaires et tous les éléments des appareils fondamentaux doivent être, à tout instant, accessibles, de façon à permettre la répétition à volonté des mesures. Dans le cas de l'étalon d'induction mutuelle, tous les supports doivent être faits de matières isolantes et non magnétiques. Si l'on faisait les enroulements sur des supports métalliques, on s'interdirait certains contrôles précieux et l'emploi des courants variables. Mais les supports doivent être filetés, il conviendra même de perfectionner le travail du tour et la fabrication des fils nus. Sans doute les exigences de la *normalisation* imposeront des précisions de construction aujourd'hui négligées. Il faut bien se pénétrer de ce que le micron nous apparaît maintenant comme une grandeur énorme : avec un outillage approprié, il est vraiment encombrant.

L'étude critique qui doit précéder le choix de l'inductance nous paraît encore insuffisante. Les auteurs tournent toujours dans le même cercle ; il y a des formes intéressantes et très réduites qui ne sont jamais envisagées. Il faut aussi se limiter d'abord aux formes et aux méthodes les plus immédiates. L'érudition doit seulement servir à fixer la simplicité et l'économie des moyens, et l'on doit s'en tenir, par exemple pour le calcul des inductances, à la formule la mieux adaptée aux fins poursuivies. Dans les mémoires, tout ce qui n'aboutit pas à un nombre nécessaire au calcul du résultat final cherché doit être rejeté. Il importe aussi que les opérations à faire soient aussi réduites que possible ; ce n'est qu'après avoir atteint au but une première fois, ce qui n'est pas encore une réalité, que l'on peut élargir la technique. Ainsi l'emploi du courant alternatif, puisqu'un tel courant n'est pas en général sinusoïdal, impose une étude numérique préalable (2), se suffisant à elle-même, c'est-à-dire formant un tout distinct, sans quoi il serait à jamais impossible de se limiter et de s'entendre. On indique souvent aussi des précisions risquées sur la mesure des durées ; que veulent dire au juste les auteurs ? Là encore, une étude comparée sérieuse doit être poursuivie et aboutir enfin à des données sûres. Il y aurait lieu par exemple d'ajouter ici aux nombreux modes d'entretien des mouvements oscillatoires, plus ou moins parfaitement étudiés, l'entretien par

(2) Voir à ce sujet la remarquable étude de MM. Jouaust et Picard dans le *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, 5e série, 8, 1938, p. 587.

émissions photo-cathodiques rythmées par l'oscillateur, qui n'entraînent pas d'action préalable comme les méthodes d'induction, microphoniques ou l'emploi de triodes. La Métrologie est d'une grande exigence mais permet de fort précieux contrôles.

Pour passer à l'ampère, une nouvelle installation, celle d'une inductance, est nécessaire; mais elle est destinée cette fois à la mesure des forces e. m. g. qui s'exercent entre les deux circuits, d'où la nécessité de rendre l'un d'eux mobile et l'autre fixe (électrodynamomètre) ([3]). Une nouvelle difficulté apparaît ici, en raison de la sensibilité que l'on peut désirer atteindre. On est alors conduit à l'emploi de circuits superposés et à la mesure des dimensions des diverses couches. Or les enroulements, pour s'appliquer à leur noyau, doivent être faits sous tension; quelle garantie a-t-on de l'invariabilité des circuits déjà en place? A quoi servent alors des formules rigoureuses et l'habileté des mathématiciens consultés? Il est certain que, si le circuit mobile était placé dans la position à laquelle correspond le calcul de la f. e. m., il y aurait un courant induit dans ce circuit lorsque l'autre circuit recevrait un courant, ce qui ne doit pas être. Là encore la recherche de la forme à adopter constitue un problème important. Sans doute, les opérateurs de l'avenir adopteront les vues de G. Lippmann, Lord Rayleigh etc., consistant à séparer les deux fonctions : celle concernant le calcul et celle concernant la sensibilité.

Il est nécessaire enfin que toute la série des mesures puisse être reprise dans les mêmes conditions d'immobilité des appareils fondamentaux, par tout physicien compétent qui le désire. De la sorte, et par la comparaison des résultats obtenus, on pourra fixer la valeur pratique de chaque méthode, c'est-à-dire l'ordre d'indécision que chacune des méthodes éprouvées comporte.

Ainsi seraient rendus utiles et comparables entre eux les efforts de tous ceux qui s'occupent de ces mesures absolues. D'autre part, on acquerrait vite la conviction qu'une installation telle que nous la décrivons, reposant uniquement sur les définitions, remplacerait avantageusement les étalons dits de base dont rien ne garantit l'invariabilité.

([3]) *Bull. Société Internationale des Électriciens,* 2e série, 8, n° 78, 1908, p. 535.

THERMODYNAMIQUE STATISTIQUE. — *Sur la* supraconductibilité *thermique de l'hélium* II *liquide et la statistique de Bose-Einstein.* Note (¹) de M. **Ladislas Tisza**, présentée par M. P. Langevin.

F. London a interprété le point λ de l'hélium liquide comme point de condensation d'un gaz de Bose-Einstein (²). Les propriétés hydrodynamiques d'un tel système permettent de comprendre les phénomènes cinétiques paradoxaux observés dans l'hélium II. On trouvera en 1° un bref exposé de la conception de London (³), sous une forme un peu généralisée, et en 2° un résumé de nos résultats concernant la *supraconductibilité* thermique (⁴).

1° Au voisinage du zéro absolu, l'hélium se trouve dans un état condensé, avec une certaine densité ρ_0 pratiquement constante. L'état d'un atome dans le champ des autres peut être caractérisé par un vecteur d'onde de Bloch $\vec{k}$. Par suite de l'isotropie du liquide, l'énergie correspondante sera de la forme : $\varepsilon = \varepsilon_0 + \varepsilon^{\mathrm{I}}(k^2)$ et l'atome dans l'état $\vec{k}$ accomplira un mouvement de translation avec la vitesse $\vec{v} = (1/\hbar)(\partial\varepsilon/\partial\vec{k}) = (2/\hbar)(\partial\varepsilon^{\mathrm{I}}/\partial k^2)\vec{k}$. Les atomes seront distribués sur les niveaux ε suivant la statistique de Bose-Einstein. A la densité ρ_0 correspond une température de *condensation* T_0 (le point λ) : pour $T < T_0$ une partie seulement des atomes, avec la densité ρ^{I}, sera distribuée sur les états excités et l'excédent avec la densité $\rho^{\mathrm{II}} = \rho_0 - \rho^{\mathrm{I}}$ sera *condensé* dans l'état ε_0 avec $\vec{k} = \vec{v} = 0$. ρ^{I} dépend seulement de la température; on déduit de l'anomalie de la chaleur spécifique $\rho^{\mathrm{I}} \simeq \rho_0(T/T_0)^5$. Quoique notre système soit homogène dans l'espace ordinaire, on peut parler de deux *phases* dans l'espace des impulsions (*phases* I et II, ou encore atomes I et II).

2° Les atomes I, ayant une vitesse de translation, exercent une pression p^{I}, déterminée par un paramètre unique, soit T, soit ρ^{I}, et compensée par les forces de van der Waals. En supprimant celles-ci, p^{I} se réduirait à la pression du gaz idéal. Nous préférons donner à p^{I} une définition analogue

(¹) Séance du 14 novembre 1938.

(²) *Nature*, 141, 1938, p. 643.

(³) *Loc. cit.*, *Proc. Roy. Soc. A.*, 153, 1936, p. 576; *Phys. Rev.* (sous presse).

(⁴) Par exemple Rollin, *Physica*, 2, 1935, p. 557; Allen, Peierls et Uddin, *Nature*, 140, 1937, p. 62; W. H. Keesom, A. P. Keesom et B. F. Saris, *Physica*, 5, 1938, p. 281.

à celle d'une pression osmotique : nous démontrerons dans une Note prochaine que les tubes capillaires très fins sont semi-perméables pour l'He II, laissant passer la *phase* II et arrêtant la *phase* I. p^{I} peut donc être défini et *mesuré* à l'aide du travail $p^{I}dV$ nécessaire pour la compression *adiabatique* — dV de la *phase* I à densité totale ρ_0 constante. (Lors d'un processus adiabatique, il n'y a pas en première approximation de transition entre les deux phases, la transition de N atomes de la *phase* I en la *phase* II étant accompagnée du dégagement de chaleur $W \sim NkT$.)

Les inhomogénéités de la température entraînent toujours des inhomogénéités de $\rho^{I}(T)$ et de $p^{I}(T)$. Si le système est adiabatiquement isolé, celles-ci tendent à s'évanouir en provoquant un courant de la phase I dans la direction de — grad T. Mais, comme ρ_0 est constant, ce courant doit être compensé, s'il n'y a pas de mouvement macroscopique, par un courant opposé de la *phase* II, tel que le courant total $\rho^{I}\vec{u}^{I} + \rho^{II}\vec{u}^{II} = 0$ $\left(\vec{u}^{I}\right.$ et $\vec{u}^{II}$ sont les vitesses moyennes$\left.\right)$. Les deux courants ainsi couplés sont décrits en première approximation (en négligeant les effets irréversibles de second ordre) par un seul système *indépendant* d'équations hydrodynamiques. On a ainsi, pour la *phase* I,

$$(1) \qquad \frac{d\rho^{I}}{dt} + \rho^{I}\operatorname{div}\vec{u}^{I} = 0,$$

$$(2) \qquad \rho^{I}\frac{d\vec{u}^{I}}{dt} = -\frac{\rho^{II}}{\rho_0}\operatorname{grad}p^{I}.$$

La discussion générale de ces équations non linéaires offre les difficultés que l'on rencontre dans l'hydrodynamique classique. Mais, si les vitesses des courants provoqués par *les inhomogénéités de* T sont faibles, celles-ci *s'égalisent suivant l'équation de propagation*

$$(3) \qquad \Delta T - \frac{1}{V^2}\frac{\partial^2 T}{\partial t^2} = 0.$$

Les mêmes équations sont valables pour p^{I} et ρ^{I}. V est la vitesse des ondes de température

$$(4) \qquad V = \sqrt{\frac{\rho^{II}}{\rho_0}\frac{dp^{I}}{d\rho^{I}}} \sim \sqrt{\frac{kT}{m}\left[1 - \left(\frac{T}{T_0}\right)^{5}\right]},$$

(3), (4) ne s'appliquent pas au dispositif habituel de deux réservoirs de températures T_1, T_2 reliés par un tube de section s rempli d'He II. Le courant I a une source de $\rho^{I}u^{I}s$ atomes par seconde au réservoir chaud et de $-\rho^{I}u^{I}s$ atomes au réservoir froid. La quantité de chaleur $W_1 \sim \rho^{I}u^{I}skT_1$

cédée par seconde par le réservoir chaud et $W_2 \sim \rho^I u^I s k T_2$ dégagée au réservoir froid. [L'abaissement de la température se produit par une dilatation adiabatique de $p^I(T_1)$ à $p(T_2)$]. L'énergie $W_1 - W_2$ sert d'abord à accélérer les courants; le régime stationnaire atteint, elle est dissipée par les effets du second ordre. Le système est analogue à une machine thermique utilisée pour la transmission de chaleur. Le calcul de la *supraconductibilité* thermique exigerait la détermination de u^I en fonction de $T_1 - T_2$, ce qui n'est pas possible à cause de la *turbulence*, mise en évidence par le fait que le *courant de chaleur croît plus lentement que* $T_1 - T_2$. Mais les traits qualitatifs et l'ordre de grandeur du phénomène ([5]) correspondent parfaitement à l'effet thermomécanique que nous venons de décrire. La vérification quantitative de la théorie serait possible à l'aide de (3) et (4).

La théorie n'est plus valable pour $T < 0,8°\text{-}0,9°$, la chaleur spécifique de Debye étant alors plus importante que l'effet *anomal* considéré ici ([6]). Dans les tubes capillaires très minces la *viscosité* joue un rôle important.

THERMODYNAMIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la déflagration et la détonation dans un mélange gazeux combustible maintenu à volume constant.* Note ([1]) de M. **Marcel Véron**, présentée par M. Émile Jouguet.

Dans l'hypothèse où la chambre de combustion présente un axe ou un plan de symétrie et où la déflagration se propage à partir d'un de ses fonds par tranches parallèles distinctes normales à l'axe ou au plan de symétrie, nous avons de diverses façons établi que la vitesse matérielle du gaz atteint à l'instant t par le front de flamme immatériel (comptée positivement dans le sens de la déflagration) admet pour expression

$$V = \frac{\lambda(l-x)}{\gamma}\,\frac{d}{dt}\log p,$$

où p est la pression actuelle des gaz; x, l'abscisse actuelle du front de flamme; l, la longueur de la chambre; γ, l'exposant du volume dans la loi de compression des gaz dits intacts, et λ, un facteur attaché à la forme de la chambre (1 pour un cylindre, 1/2 pour un coin convergent dans le sens de la déflagration etc.).

([5]) *Loc. cit.* ([3]), surtout Keelsom, etc.

([6]) N. Kürti et F. Simon, *Nature*, **142**, 1938, p. 207.

([1]) Séance du 21 novembre 1938.

En faisant apparaître la vitesse de déflagration $W = dx/dt$, il vient

$$V = \varphi W, \qquad \text{avec} \quad \varphi = \frac{\lambda(l-x)}{\gamma} \frac{d}{dx} \log p.$$

En principe, le facteur φ est étranger à W (il n'en dépend que dans la faible mesure où la température moyenne des gaz brûlés est sensible à W). Il est inférieur à 1 ou négatif, puisque la flamme ne se propage que si elle rencontre de nouvelles tranches gazeuses, et elle ne peut les atteindre que si $W > V$.

La vitesse V devient négative quand dp devient négatif.

Et dp devient négatif vers la fin de la déflagration, quand les gaz déjà brûlés se refroidissent d'une façon sensible (accélérée surtout) pendant que la flamme achève de balayer la chambre.

A ce moment la vitesse V du gaz devant le front de flamme s'annule et se renverse; la courbure de sa distribution réelle dans une tranche change de sens; la courbure du front de flamme s'atténue; des différences de vitesse et d'accélération importantes existent entre ses différents points; l'accélération d'ensemble, qui vient de passer par un maximum considérable et tendu lié au renversement de vitesse, offre une valeur très élevée

$$(V'_t)_r = \frac{\lambda(l-x)}{\gamma} \frac{p''_{t^2}}{p} = \varphi'_x W^2, \qquad \text{pour} \quad p'_t = 0.$$

Il en résulte un violent *ressac* des gaz dits intacts sur les gaz brûlés, et un brassage très actif à travers le front de flamme. D'où la combustion *en masse* d'une fraction finie des gaz intacts, ce qui déclenche une onde de pression à front raide, génératrice de la propagation par détonation.

Cette nouvelle théorie de la détonation rend directement compte d'un grand nombre de phénomènes observés, parmi lesquels on citera seulement les suivants :

a. C'est toujours en fin de déflagration et aussitôt après le maximum de la montée en pression, que la détonation apparaît.

b. La détonation est engendrée par les pressions trop fortes à l'origine et trop croissantes en fin de déflagration (allumage trop anticipé pour un déplacement trop lent du piston), facteurs qui accentuent le refroidissement terminal des gaz brûlés; elle est entravée par la forme sphérique avec allumage au centre, par les formes à surfaces refroidissantes limitées (culasses à soupapes en tête comparées aux culasses à soupapes latérales), par les

parois trop chaudes dans les zones d'allumage et de pré-détonation, facteurs qui atténuent le refroidissement des gaz brûlés.

Ces influences qui créent ou gênent la détonation sont pour une part contraires à celles qui créent ou gênent l'auto-allumage, en sorte que ces deux phénomènes tendent à s'exclure. M. Serruys a même constaté qu'en se prolongeant, la détonation peut s'éteindre pour faire place à l'auto-allumage, double conséquence de l'échauffement des parois de la zone d'allumage, par transfert de la chaleur intense que captent les parois de la zone de détonation.

c. La détonation est atténuée par la turbulence, facteur qui adoucit les différences de vitesses et d'accélération sur le front de flamme; elle est accentuée par les formes dissymétriques et par les grands diamètres d'alésage, facteurs qui amplifient ces différences.

d. La détonation est renforcée par une pression trop élevée des gaz en fin de déflagration (pression d'admission, taux de compression et avance trop forts, cycles trop lents), et par une température trop élevée des parois opposées au point d'allumage, facteurs qui, en accroissant très vite W^2, augmentent l'accélération d'ensemble au moment du renversement; elle est bridée par les antidétonants, par les surfaces inhibantes et par les parois resserrées, striées et polies, facteurs qui, en réduisant W^2, diminuent l'accélération au renversement.

e. Les oscillations de pression caractéristiques de la détonation apparaissent sur les manogrammes qui, toutes choses égales, offrent un plus faible rayon de courbure au sommet. Or l'accélération au renversement est proportionnelle à p''_e, c'est-à-dire à la courbure au sommet de la courbe pression temps que l'on relève au manographe.

Enfin les expériences récentes de M. Laffitte ont montré qu'une projection des gaz en fin de déflagration s'accompagne facilement d'une détonation, preuve qu'un mélange soudain des gaz intacts et des gaz brûlés engendre bien la détonation.

Par ailleurs, la présente théorie conduit à créer certaines discriminations, entre les facteurs qui rendent la détonation plus facile ou plus brutale; entre les effets contraires d'un même échauffement des parois voisines ou éloignées du point d'allumage. Ce qui explique l'existence d'une température optima du fluide refroidisseur unique actuellement employé, et rend souhaitable une conception compartimentée du refroidissement extérieur des culasses de moteurs.

OPTIQUE. — *Mesures d'indices de réfraction dans l'ultraviolet.* Note (1) de M. **Antoine Goldet**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'absorption dans l'ultraviolet est étudiée actuellement par de nombreux chercheurs (2). Leurs travaux nous avaient conduit à remarquer le manque de données précises ou même l'absence totale de renseignements sur les valeurs d'indices de réfraction dans l'ultraviolet.

M. Bayen (3) a fait, indépendamment, des recherches avec un réfractomètre à prismes pour combler certaines de ces lacunes.

Le réfractomètre pour le spectre visible, que nous avons réalisé de notre côté en collaboration avec M. Robert Guillien (4) pour l'étude des gaz liquéfiés, nous a paru assez simplement transformable en un appareil de mesures pour l'ultraviolet.

Cet appareil à réflexion totale, employé d'abord par Terquem et Trannin et Wiedemann (5), est d'un type classique. La réflexion totale se produit sur la face d'une lame d'air mince limitée par deux galets de verre plongés dans le liquide à étudier. On observe la limite de réflexion totale avec une lunette mise au point sur l'infini. L'appareil de mesures est un cercle divisé sur l'axe mobile duquel est fixée la lame mince. On mesure avec le cercle divisé deux angles donnant la réflexion totale pour une même lumière monochromatique et correspondant à deux positions symétriques de la lame. Si 2α est la différence des deux angles mesurés, $n = 1/\sin\alpha$.

Nous avons remplacé dans cet appareil la source monochromatique par une lampe à hydrogène ayant un spectre continu dans l'ultraviolet, les lames de verre par du quartz et l'oculaire de la lunette d'observation par un miroir sphérique aluminisé sur lequel un miroir plan également en aluminium renvoie la lumière. Au foyer du miroir enfin, nous avons disposé la fente d'un spectrographe à optique de quartz.

Dans ces conditions, pour divers azimuts mesurés de la lame d'air, on obtient des spectres présentant chacun une coupure nette à partir d'une certaine longueur d'onde fonction de cet azimut. La lumière de fréquence

---

(1) Séance du 21 novembre 1938.

(2) Voir en particulier R. Tréhin, *Ann. de Phys.*, 5, 1936, p. 445.

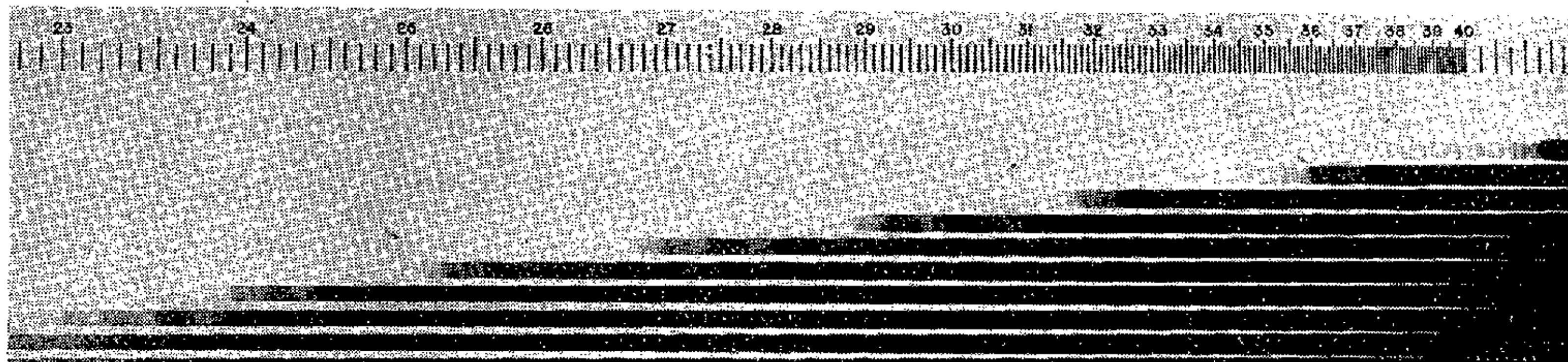
(3) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 207; **206**, 1938, p. 1254 et 1715.

(4) *Ann. de Phys.*, **10**, 1938, p. 160.

(5) Terquem et Tramin, *Comptes rendus*, 78, 1874, p. 1843; Wiedemann, *Arch. de Genève*, 2, 1874, p. 340.

plus élevée que celle de la coupure est totalement réfléchie, pour les corps à dispersion normale du moins.

La figure ci-dessous est un exemple d'une série de spectres ainsi obtenus. On peut y observer de plus des cannelures, dues au phénomène d'interférence qui, en lumière monochromatique, donne les franges d'Herschell



d'une lame d'air mince au voisinage de la réflexion totale. Nous avons étudié ce phénomène en détail ailleurs ([6]).

Il faut enfin pouvoir calculer les valeurs des indices correspondant aux longueurs d'onde des coupures; on prend pour cela, sur la même plaque, deux séries de spectres obtenus pour deux séries d'azimuts φ et ψ de la lame. Les angles φ diffèrent au plus entre eux de 2 ou 3 degrés, de même les angles ψ. Ils correspondent à deux ensembles de positions de la lame d'air sensiblement symétriques. En traçant les deux courbes représentant les variations des angles φ et ψ en fonction de λ, on peut avoir pour chaque longueur d'onde λ (en interpolant au moins sur l'une des courbes) la différence $|\varphi - \psi| = 2\alpha$, d'où l'on tire l'indice n cherché par la formule indiquée plus haut.

En prenant les précautions de réglage nécessaires, en maintenant surtout la température bien constante et uniforme dans le liquide étudié, nous avons déjà vérifié que l'on retrouve par cette méthode les indices de l'eau dans l'ultraviolet avec une bonne précision, de l'ordre d'une unité de la quatrième décimale jusqu'à 2200 Å environ. Le spectrographe employé fournit une échelle de longueurs d'onde photographiée sur le cliché; on corrige son étalonnage en photographiant à côté le spectre d'un arc à mercure à enveloppe de quartz.

([6]) A. Goldet, *Ann. de Phys.*, 10, 1938, p. 164.

RADIATIONS. — *Effets des radiations sur les cristaux pyroélectriques.* (*Possibilité de leur utilisation comme détecteurs de radiations infrarouges.*) Note de M. **Yeou Ta**, présentée par M. Aimé Cotton.

Si l'on fait tomber de la lumière sur un cristal pyroélectrique de tourmaline par exemple, et que les radiations soient absorbées, le cristal s'échauffe, il doit donc se polariser suivant son axe électrique. Par suite, si l'on peut mesurer la tension électrique ainsi développée par un appareil assez sensible, on dispose d'un nouveau détecteur de radiations. Les données sur la pyroélectricité de la tourmaline montrent que la charge Q, dégagée sur une surface S normale à l'axe, satisfait en première approximation à la relation résumant les lois de Gaugain : $Q = KS\Theta$, avec $K = 1,34$ U.E.S.C.G.S. (valeur calculée à partir des modules piézoélectriques).

Si donc on décelait la charge Q/S de 10^{-15} coulomb/cm² développée par le cristal, on serait en mesure d'apprécier une variation de température Θ du cristal de l'ordre du millionième de degré centigrade. Cela nous a conduit à effectuer divers essais en vue de ce mode d'application des cristaux pyroélectriques. Ces essais ([1]) ont porté particulièrement sur la tourmaline (dans la plupart des cas incolore ou légèrement teintée) taillée en forme de lames à faces parallèles perpendiculaires à l'axe, rectangulaires ou en forme de disque. Ces lames ont été examinées de trois manières comme l'indiquent les schémas suivants :

Les faces terminales de la lame sont soit recouvertes d'un dépôt métallique obtenu par évaporation thermique dans le vide (cas A et B), soit en contact avec un grillage (cas C) servant d'électrode. Le cristal est ensuite monté dans une ampoule en verre, vidée d'air, munie d'une fenêtre en sel gemme (ou autre) et de deux électrodes de sortie diamétralement opposées et isolées au moyen de tubes de silice fondue.

Comme montage électrique, nous avons employé en général la lampe-électromètre à bigrille avec un circuit de pont équilibré perfectionné ([2]), le galvanomètre utilisé, pour un courant de 5.10^{-9} ampère, donnait à 1^{m} une déviation de 1^{mm}.

([1]) Nous avons également essayé l'acide tartrique droit, le sucre etc. et divers sels complexes.

([2]) D. B. Penick, *Rev. Soc. Instr.*, 6, 1935, p. 115.

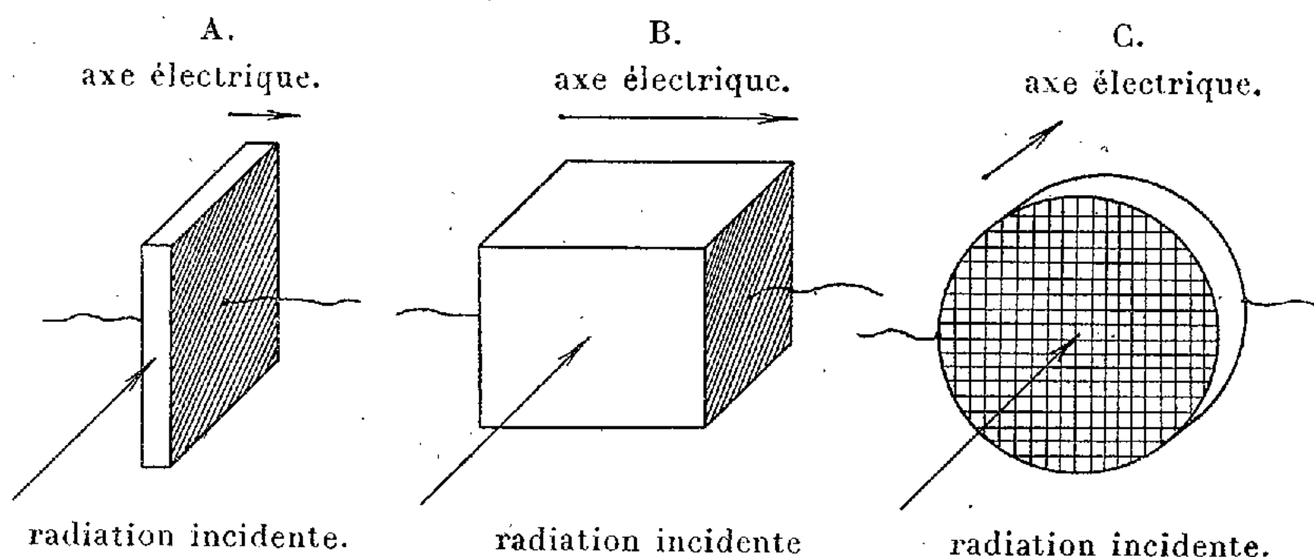
Nous avons fait tout d'abord les vérifications suivantes :

1° La polarisation du cristal par éclairement est de même sens que par échauffement et de sens inverse que par compression (J. et P. Curie).

2° Le signe des charges reste le même quelle que soit la face qu'on éclaire, même si le cas C est réalisé.

3° L'effet est sensiblement proportionnel à l'éclairement; nous l'avons vérifié grossièrement, pour des éclairements pas trop intenses et des durées peu prolongées.

4° Nous avons constaté que *l'effet produit par l'éclairement est essentiellement dû à l'infrarouge :* en effet l'interposition d'une cuve d'eau de 5^{cm} d'épaisseur supprime environ 90 pour 100 de la déviation observée, quand



la source lumineuse est une lampe à incandescence; en outre, la tourmaline reste sensible pour le rayonnement d'un corps noir chauffé à 40°C. par exemple.

5° *Une partie de l'effet est modulable :* après une amplification suffisante, nous avons pu le suivre au son jusqu'à une fréquence de 1000 périodes environ par seconde, la lumière modulée employée étant filtrée par un écran de verre au manganèse et cela pour un cristal de $0,5 \times 1 \times 1$ cm (cas B) dont la capacité calorifique est énorme.

La sensibilité de l'appareil, avec un cristal de surface utile de $0^{cm^2},5$ environ, d'épaisseur $0^{mm},6$ (cas C), est telle qu'on obtient une déviation de l'ordre du centimètre pour le rayonnement d'une surface noire de 10×10^{cm} portée à 100°C. et placée à une distance de 1^{m}. On voit que cette sensibilité est médiocre vis-à-vis d'autres appareils existants. Cela tient à plusieurs causes : l'énergie rayonnante incidente est encore très mal utilisée (il faudrait diminuer davantage l'épaisseur du cristal); le cristal n'est pas une surface noire; il y a beaucoup de pertes par réflexion. Enfin le cristal lui-même n'est peut-être pas assez sensible.

Des perfectionnements sont certainement possibles. Comme cristal pyroélectrique, on est conduit à essayer ceux qui ont une constante pyroélectrique K plus élevée et une constante diélectrique ε plus petite : pour une lame de même dimension, l'acide tartrique droit par exemple nous a paru en effet quatre à cinq fois plus sensible que la tourmaline. D'autre part on pourrait employer d'autres circuits électriques.

En tout cas, il résulte de nos essais qu'en éclairant un cristal par une source riche en infrarouge on a un moyen simple et commode pour l'étude même des cristaux pyroélectriques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La densité-limite et le poids moléculaire de l'éthylène. Nouvelle révision du poids atomique du carbone.* Note [1] de M. **Enrique Moles**, Mlle **M.-Thérèse Toral** et M. **Antonio Escribano**, présentée par M. Auguste Béhal.

Faisant suite à d'autres publications [2] concernant le même sujet, nous présentons les résultats obtenus pour la densité-limite du gaz éthylène, ainsi que pour les poids moléculaires de ce gaz et le poids atomique du carbone, qui en découle.

La méthode suivie a été celle du volumètre par condensation. Le volumètre utilisé comportait deux ballons dont le volume était de $2392^{ml},5$ et $4951^{ml},8$.

Le gaz éthylène a été obtenu par déshydratation de l'alcool pur absolu, soit par le passage de la vapeur sur de l'alumine chauffée au-dessous de 350° (catalyse hétérogène), soit en chauffant à 200-230° un mélange de trois parties d'acide métaphosphorique et une partie d'alcool absolu (catalyse homogène). Le gaz débarrassé de l'excès de vapeur d'alcool par son passage dans un condenseur refroidi à —80° est lavé à la potasse à 50 pour 100, et il est séché ensuite sur l'acide sulfurique concentré et le P^2O^5. On le condense alors au moyen de l'air liquide et on le purifie finalement par distillation fractionnée. A remarquer que le gaz obtenu par la seconde méthode se trouve être exempt de l'*huile douce* de Pélouze.

---

(1) Séance du 21 novembre 1938.

(2) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 66; *Sitz. ber. Akad. Wissen.*, Vienne, II *b*, **145**, 1935, p. 948; *Journ. Chim. Phys.*, **34**, 1937, p. 49; *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1726; *Z. anorg. allgem. Chem.*, **236**, 1938, p. 225.

Comme d'habitude, dans notre laboratoire, le gaz pur, avant le remplissage du volumètre, a été filtré à maintes reprises par un filtre Schott. Tout le système de mesure, soit l'ensemble du volumètre, baromètre et son réservoir, ainsi que les tubes de raccordement, se trouvait entouré de glace pilée, de sorte que la correction de température était éliminée. Nous remarquerons encore que le baromètre utilisé était directement soudé au réservoir, de sorte qu'il n'y avait pas possibilité de souillure du mercure par contact avec les tuyaux de caoutchouc ou des robinets graissés.

La pesée du gaz a été faite en le condensant au moyen d'air liquide sur du charbon actif, préalablement dégazéifié et *rincé* avec l'éthylène pur, réaction que l'on pouvait recommencer chaque fois en chauffant dans le vide, la désorption étant très aisée.

Les mesures de la densité ont été faites sous les pressions de 1,00; 0,750; 0,667; 0,500; 0,333 et 0,250 atm., ce qui nous a permis d'arriver à une grande sûreté dans l'extrapolation vers $p=0$.

Voici, toutes corrections faites, y compris celle de l'absorption, les valeurs de L_p poids du litre normal, ramené toujours à 1 atm. par la formule des gaz parfaits.

p...	1,0000.	0,75000.	0,6667.	0,50000.	0,3333.	0,2500.
	1,26037	1,25807	1,25732	1,25582	1,25431	1,25341
	1,26035	1,25809	1,25730	1,25572	1,25420	1,25350
	1,26041	1,25810	1,25730	1,25577	1,25425	1,25358
	1,26033	1,25809	1,25732	1,25579	1,25433	1,25346
	1,26033	1,25805	1,25730	1,25571	1,25429	1,25341
	1,26036	1,25804	1,25733	1,25583	1,25430	1,25349
				1,25578		1,25344
				1,25586		1,25363
				1,25374		
	1,26036 ± $0,00001_4$	1,25807 ± 0,00001	1,25731 ± $0,00000_6$	1,25578 ± $0,00001_7$	1,25428 ± $0,00001_8$	1,25350 ± 0,00002

L'appareil utilisé, ayant servi précédemment aux mesures avec l'ammoniac, avait été étalonné à l'oxygène, ce qui nous a permis d'établir ensuite les rapports de densités-limites. La précision atteinte est toujours au moins 10^{-5}. Les résultats pour la densité peuvent être exprimés par l'équation

$$L_p = (1,25122 \pm 0,000003) + 0,009133_3 p.$$

Ce résultat vient confirmer ceux obtenus précédemment pour d'autres gaz dits *condensables* (point critique au-dessus de 0° C.), par exemple CO^2,

NH^3, SO^2 et F^4Si, et montre : 1° que la différence de comportement entre gaz non condensables et condensables, en ce qui concerne l'allure de la densité (et aussi de la compressibilité) en fonction de la pression, différence qu'on a cru pouvoir déduire théoriquement de l'équation de van der Waals, ne se confirme pas en pratique; 2° qu'on peut tirer des données expérimentales par extrapolation linéaire, la valeur limite de la densité, sans autre hypothèse, l'erreur commise ne dépassant pas 10^{-5}.

Le rapport des densités-limites de C^2H^4 et O^2 conduit, pour le poids moléculaire, à

$$PM = \frac{1,251214}{1,427619} \times 32 = 28,046 \pm 0,001,$$

d'où (avec $H = 1,0081$)

$$C = 12,007 \pm 0,000_5,$$

en excellent accord avec nos résultats précédents pour CO et CO^2. Cette valeur est identique à celle déduite par Aston avec le spectrogramme de masses; elle est sensiblement plus faible que celle admise par la Table Internationale.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la structure des gels non thixotropes à particules hydrophiles.* Note (¹) de M. **Wilfried Heller**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons montré précédemment que les gels thixotropes contiennent une structure solide formée de particules agrégées réparties dans une solution colloïdale diluée de telle façon que l'ensemble prend l'aspect solide. L'existence et la formation réversible de ces agrégats ont été mises en évidence par des expériences de centrifugation (²) et aussi par la découverte d'une variation isotherme et réversible de l'absorption (³). D'autres expériences (⁴) paraissaient indiquer que la formation isotherme d'un gel thixotrope d'une part et la formation non isotherme d'un gel restant ensuite permanent (à température constante) d'autre part, constituent des processus dont le mécanisme et dont la dynamique sont au fond les mêmes.

(¹) Séance du 14 novembre 1938.

(²) W. Heller, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 61.

(³) W Heller et C. Quimfe, *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 857.

(⁴) W. Heller et E. Vassy, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 991.

On pouvait se demander si ces gels permanents représentent, eux aussi, des systèmes biphases. Les gels permanents typiques se forment de préférence à partir des sols à particules très hydrophiles (fortement hydratées). Aussi les expériences de centrifugation et les mesures d'absorption ne peuvent plus être appliquées dans ce cas pour vérifier l'existence d'une structure. Nous avons donc essayé d'aborder la question par une autre méthode, dont voici le principe.

La gélatine forme des gels à basse température et des sols au-dessus d'environ 20°. La cellulose méthylique, par contre ([5]), donne des sols à basse température et des gels au-dessus d'environ 45°. Nous avons préparé des systèmes mixtes de ces deux substances hydrophiles et nous avons étudié le processus de leur gélification. Pour simplifier nous nous bornons ici à un seul système, caractérisé par un pH de 6,0 et par une concentration de 5^g de gélatine et de $2^g,5$ de cellulose méthylique pour 100^{cm^3}. Il tend à se séparer en deux phases, dont la phase la plus riche en gélatine finit par constituer la partie inférieure du système. La séparation demande, pour être nette, 5 à 10 minutes comptées à partir d'une homogénéisation du système par agitation.

Laissons d'abord se séparer les deux phases. En faisant ensuite varier la température on trouve, qu'aux températures comprises entre 1° et 20°, la phase inférieure se transforme en gel, tandis que la phase supérieure reste liquide. Entre 20 et 50° les deux phases sont liquides. Au-dessus de 50° enfin la phase supérieure se solidifie et l'autre reste liquide. Une comparaison des températures de gélification de chacune des deux phases avec les températures pour lesquelles les sols de gélatine seule d'une part et ceux de cellulose méthylique d'autre part se transforment en gels, montre qu'elles sont presque les mêmes (pour des concentrations de la phase dispersée respectivement identiques). Du point de vue de la gélification les deux phases du système mixte se comportent donc non seulement qualitativement, mais presque quantitativement, comme si elles étaient *indépendantes l'une de l'autre*.

Changeons maintenant la température du système mixte (rendu entièrement liquide à 35° et agité) avant que la séparation en deux phases devienne visible. On obtient alors aux températures au-dessous de 23° et au-dessus de 48° des gels uniformes permanents. Ainsi on traverse en élevant la température une transformation gel → sol → gel. Or, la première

---

([5]) A. Szegvari, *Koll. Zeitschr.*, 34, 1923, p. 34.

série d'expériences a montré que la cellulose méthylique et la gélatine se comportent presque indépendamment l'une de l'autre, et qu'aux températures, où l'une d'entre elles peut former un gel, l'autre n'est pas capable de le faire. Il est donc certain que ces systèmes mixtes entièrement solidifiés sont des gels caractérisés par une structure solide qui se trouve dans une liqueur colloïdale, structure qui est assez fine pour donner à l'ensemble l'aspect solide. C'est la gélatine qui forme la structure aux basses températures, et c'est la cellulose méthylique qui la forme aux températures élevées.

Ces expériences ne permettent encore de rien affirmer au sujet de la structure des gels permanents des systèmes uniques. Mais l'hypothèse d'après laquelle elle serait la même se trouve en tout cas fortement appuyée, puisque la capacité des particules hydrophiles à former des gels biphases vient d'être mise en évidence.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de la précipitation des molybdates de baryum en fonction du* pH. Note de M. **Émile Carrière** et Mlle **Reine Lasri**, présentée par M. Robert Lespieau.

La précipitation d'une solution de paramolybdate d'ammonium de concentration 1/70 ($7MoO^3$, $3(NH^4)^2O$, $4H^2O$) mol-g/litre, par une solution de chlorure de baryum à 10 pour 100 employée en excès, donne lieu à la formation de molybdates complexes dont la composition varie avec le pH. Les variations de celui-ci sont obtenues par addition de quantités déterminées soit de soude normale, soit d'acide acétique, soit d'acide chlorhydrique, à 25^{cm^3} de la solution de paramolybdate d'ammonium. Cette solution alcalinisée ou acidifiée est portée pendant cinq minutes à l'ébullition, puis on détermine son pH après refroidissement à 20°. La précipitation du molybdate d'ammonium par le chlorure de baryum en excès est ensuite pratiquée à l'ébullition. Le précipité lavé, séché et pesé est analysé en l'attaquant par deux fois, avec de l'acide nitrique à 60 pour 100, en capsule de platine. Chaque fois cet acide est évaporé, et le résidu épuisé avec de l'eau faiblement acidulée (5 pour 100 d'acide nitrique). Le baryum, passé entièrement en solution sous forme de nitrate, est dosé par précipitation à l'état de sulfate. On déduit la masse d'anhydride molybdique, qui se trouve dans le molybdate de baryum analysé, en retranchant de sa masse celle de l'oxyde BaO correspondant au baryum qu'on y a trouvé.

La teneur en anhydride molybdique du molybdate de baryum peut être contrôlée en précipitant l'acide molybdique encore présent dans les eaux de filtration et de lavage du molybdate de baryum, par le chlorhydrate de benzidine, en solution faiblement acide ([1]). Il se forme du paramolybdate de benzidine $7MoO^3, 3(NH^3C^6H^4C^6H^4NH^3)O$, qui calciné laisse un résidu d'anhydride molybdique que l'on pèse. On se base sur ce que la quantité d'anhydride molybdique correspondant à 25^{cm^3} de la solution de paramolybdate d'ammonium 1/70 $[7MoO^3, 3(NH^4)^2O, 4H^2O]$ mol-g/litre est de $0^g,36$, pour en déduire la quantité de cet anhydride qui se trouve sous forme de molybdate de baryum. On constate que les deux procédés d'analyse donnent des résultats concordants.

On observe qu'il existe des intervalles de pH pour lesquels la composition du produit de précipitation demeure constante.

Dans les conditions expérimentales qui ont été indiquées, le pH avant précipitation de la solution de molybdate d'ammonium étant compris entre 9,4 et 6,8, la composition du molybdate de baryum obtenu est MoO^4Ba.

Le pH de la solution de molybdate d'ammonium étant compris entre 5,5 et 3,9, la composition du polymolybdate de baryum obtenu est $5MoO^3$, $3BaO$.

Les variations de pH ont été réalisées dans cette série d'essais au moyen d'acide acétique normal.

Le pH de la solution de molybdate d'ammonium étant compris entre 3,4 et 2,4, la composition du polymolybdate de baryum obtenu est $8MoO^3$, $3BaO$. Les variations de pH ont été réalisées dans cette série d'essais au moyen d'acide acétique pur.

Le pH de la solution de molybdate d'ammonium étant compris entre 1,8 et 1,4, la composition du polymolybdate de baryum obtenu est $3MoO^3$, BaO. Les variations de pH ont été réalisées dans cette série d'essais au moyen de l'acide chlorhydrique normal.

([1]) E. CARRIÈRE et Mlle R. LASRI, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 1271.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Formation de produits asphaltiques visibles au microscope au cours du vieillissement d'huiles de graissage.* Note [1] de MM. **Lucien-Georges Sabrou** et **Étienne-Marcel Renaudie**, présentée par M. Auguste Béhal.

A l'issue d'essais de contrôle d'altérabilité d'huiles de graissage pour moteurs à combustion interne, essais exécutés en utilisant le matériel de l'Aéronautique française (Norme Air 1093-1933), pendant une durée de 40 heures, et à la température de 150° C., mesurée dans l'huile, nous avons pensé à observer au microscope l'aspect des lubrifiants ainsi vieillis.

Alors qu'à l'état initial, les huiles essayées apparaissaient comme des liquides plus ou moins orangés, sans aucune matière solide en suspension, nous avons remarqué, après vieillissement, des formations asphaltiques d'aspects divers. Ces produits étaient aisément visibles sous un faible grossissement, 30 D., mais celui de 100 D. convenait mieux à leur examen.

Nous avons pu distinguer 4 types d'aspect principaux :

A. Voile continu de produits asphaltiques floconneux, de couleur brune, occupant tout le champ ou ne laissant apercevoir que de rares canaux d'huile libre, et renfermant parfois des amas asphaltiques concrétionnés de couleur fauve sombre (*fig.* 1).

B. Granules ovoïdes, soit isolés (*fig.* 2), soit agglomérés en chaînes ou en amas (*fig.* 3), dispersés dans le médium huileux.

C. Aiguilles asphaltiques translucides, courtes et fines (*fig.* 4).

D. Rares produits asphaltiques visibles, épars et affectant les apparences les plus variées : concrétionnée, cristalline, fibreuse, etc., ou même inexistants, l'huile conservant alors son aspect initial (*fig.* 5).

En dehors du type D, dont la seule particularité est l'extrême rareté, ces formations asphaltiques sont absolument caractéristiques et reconnaissables sans ambiguïté. Mais on peut observer, dans une même préparation, deux types asphaltiques différents, soit régulièrement dispersés dans l'huile, soit répartis en couches, l'une à la partie supérieure, l'autre à la partie inférieure de la préparation.

En examinant les altérations des caractéristiques choisies pour suivre le vieillissement des huiles étudiées, particulièrement les accroissements du taux d'asphalte dur et de la viscosité, nous avons constaté qu'elles étaient

---

[1] Séance du 21 novembre 1938.

en corrélation avec l'aspect microscopique de ces huiles et correspondaient approximativement aux limites suivantes :

	Asphalte dur formé pour 100.	Accroissement de viscosité cinématique à 50° C. et 100° C. pour 100.
Types asphaltiques D et C	inférieur à 0,5	inférieur à 25
» B...............	de 0,5 à 2,0	de 25 à 75
» A...............	supérieur à 2,0	supérieur à 75

Il semble en résulter que l'aspect microscopique des huiles vieillies à

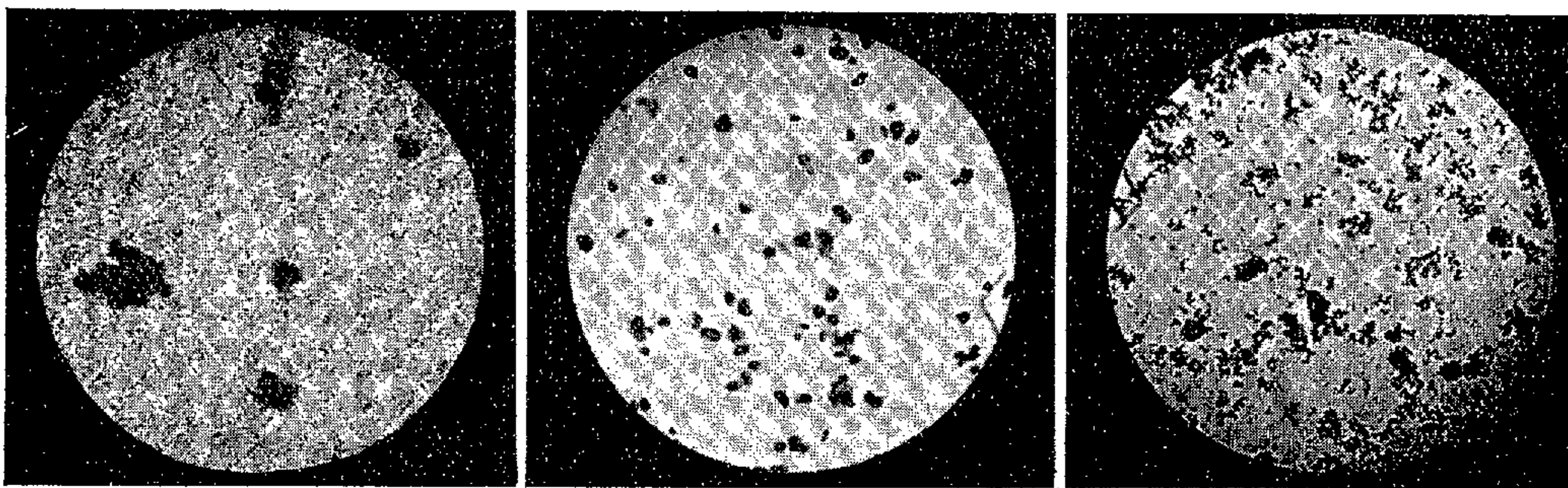


Fig. 1. Type A. Fig. 2. Type B. Fig. 3. Type B.

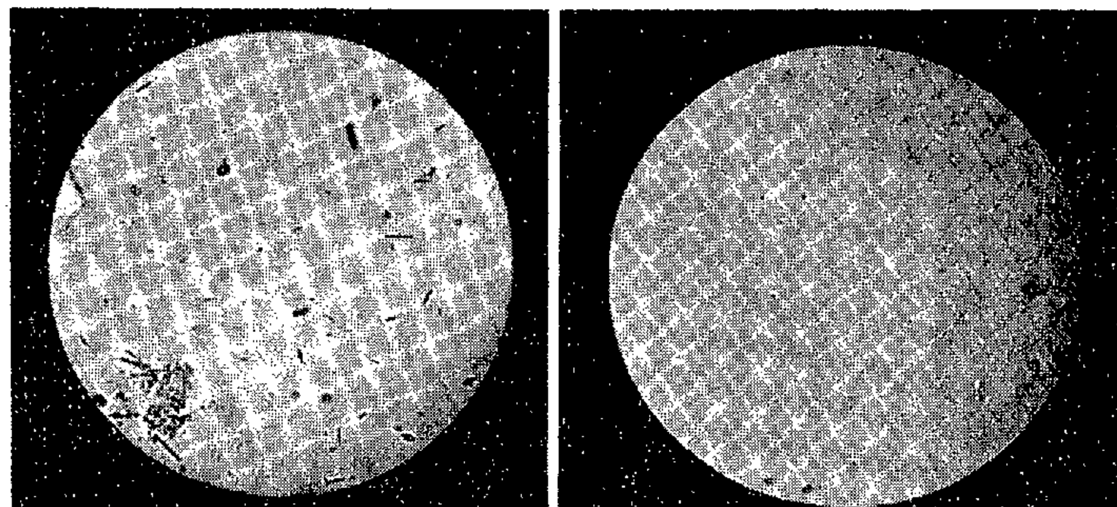


Fig. 4. Type C. Fig. 5. Type D.

l'étuve Damian, dans les conditions précitées, puisse constituer un critérium du stade d'altération atteint, au même titre que les accroissements d'asphalte dur et de viscosité, auxquels il est lié.

Cette manière de voir est confirmée par le mode de formation et l'évolution dans le temps des gommes visibles au microscope, pour des huiles donnant naissance à une abondante quantité d'asphalte. En effectuant des

prélèvements à intervalles réguliers, au cours du vieillissement, nous avons vu apparaître successivement les formations asphaltiques du type D, puis les aiguilles du type C, se nourrissant et s'agglomérant pour donner les granules du type B, d'abord isolés, puis soudés en amas amorphes ou caténaires et enfin le voile floconneux continu. Cette évolution est progressive, ce qui explique la présence simultanée de deux types asphaltiques différents dans une même huile.

L'aspect microscopique paraît se stabiliser au bout de 24 heures de vieillissement et jusqu'à la fin de l'essai de 40 heures en un type déterminé, qui correspond à la plus ou moins grande résistance de l'huile à l'altération. On peut donc espérer que l'examen microscopique d'une huile artificiellement vieillie dans ces conditions puisse constituer, soit un moyen commode et rapide d'en déterminer l'altérabilité, soit un contrôle des autres caractéristiques servant habituellement à cette détermination.

Nous cherchons actuellement à rapprocher les précédentes constatations d'observations du même genre, effectuées sur des huiles altérées en service dans des moteurs d'automobiles.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Anneaux mobiles dans les gouttes anisotropes de p-azoxyanisol contenant une petite quantité de phloridzine.* Note (¹) de M. **Paul Gaubert**.

J'ai indiqué (²) la présence de ces anneaux sans mentionner leur mobilité. Le but de cette Note est d'étudier les conditions de leur production et leurs propriétés optiques.

Les gouttes anisotropes sont produites sur une lame de verre, ou mieux sur une lame fraîche de clivage de phlogopite, avec une platine chauffante, dont la vitesse d'élévation de la température peut être réglée. J'ai examiné des mélanges contenant de 1/150 à 1/20 de phloridzine. Les résultats sont du même genre, mais le nombre des anneaux augmente avec la quantité de matière ajoutée. La phloridzine peut se dissoudre en forte proportion dans le *p*-azoxyanisol à l'état liquide isotrope, mais elle est rejetée presque complètement, sous forme de filaments, la goutte devenant anisotrope.

Voici ce qui se produit avec des gouttes homogènes à surface libre

(¹) Séance du 21 novembre 1938.

(²) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1032.

contenant 1/25 de phloridzine, et, pour la facilité des observations, ne dépassant pas 1/3 de millimètre de diamètre et très minces.

Les phénomènes sont différents suivant que ces gouttes proviennent directement de la fusion du corps solide ou du refroidissement du liquide isotrope, fait probablement dû à la quantité de matière étrangère passant dans la goutte anisotrope. Elle est plus faible dans le premier cas.

1° La goutte obtenue, par fusion d'une parcelle aussi mince que possible et maintenue à la même température, montre à la surface un nombre plus ou moins grand de filaments isolés ou accolés pour former des bandes, des plaques et même, si la goutte est très petite, des anneaux parallèles au contour de cette dernière. Ces productions sont plus abondantes si elles sont formées par le passage du liquide isotrope à la phase anisotrope, comme on le verra plus loin.

Quelques minutes après la fusion du solide, apparaissent des anneaux plus ou moins réguliers, parallèles au contour de la goutte, pendant que les filaments disparaissent, comme s'ils contribuaient, en se dissolvant, à la formation des premiers.

Alors que les filaments sont très visibles en lumière naturelle, il n'en est pas de même pour les anneaux mobiles, apparaissant distinctement avec le nicol supérieur, beaucoup moins bien avec le polariseur, du moins il en est ainsi, au moment de leur formation. Leur netteté augmente avec l'abaissement de la température en même temps que leur nombre s'élève légèrement; aussi y a-t-il avantage à favoriser la surfusion du liquide anisotrope, ce qui est possible jusqu'à 55° et même au-dessous.

La rotation du nicol supérieur employé seul, dans le sens des aiguilles d'une montre, rapproche les anneaux du centre de la goutte (partie la plus épaisse). Au contraire, celle du polariseur dans le même sens les éloigne. Il en résulte qu'entre nicols croisés, ces anneaux sont fixes, mais, dans le cas où ces derniers ne sont visibles qu'avec le nicol supérieur (*p*-azoxyanisol et 1/25ᵉ de cholestérine), ils sont mobiles comme si celui-ci existait seul. Une rotation de 180° substitue un anneau au suivant. On a là un fait analogue à celui que j'ai observé autrefois avec l'analyseur sur les sphérolites à enroulement hélicoïdal d'anisal-*p*-amidoazotoluol ([3]).

Sans essayer de donner une explication de ce phénomène dépendant de causes complexes, on peut supposer que la matière étrangère *active* ajoutée,

---

([3]) Paul Gaubert, *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 907.

se trouve à l'état de particules en suspension dans le liquide anisotrope provoquant, en dehors de la torsion des plages (Mauguin, G. et E. Friedel) un enroulement hélicoïdal, comme dans les sphérolites de malonamine, contenant une petite quantité d'acide tartrique actif (Wallerant). Ces anneaux mobiles rappellent aussi les franges mobiles des corps cholestériques étudiées par G. Friedel.

Pour fixer les idées, je fais remarquer qu'une goutte de $1/10^e$ de millimètre de diamètre, montre 6 et 8 anneaux avec $1/20^e$ de phloridzine et 1 ou 2 seulement avec $1/100^e$.

Ils suivent les courbes de niveau et sont parfois très larges, aussi rappellent-ils les limites des plans de Grandjean.

2° Les gouttes, provenant du refroidissement du liquide isotrope, montrent à leur surface, mais en plus grande quantité, les filaments, les bandes, les plaques, les anneaux fixes signalés plus haut. Au bout de quelques minutes, ces formations très nettes en lumière naturelle, disparaissent peu à peu, du moins en grande partie, et il se forme des anneaux plus ou moins réguliers, très serrés et à peu près trois fois plus nombreux que ceux de la même goutte obtenue par le premier procédé.

Contrairement à ce qui a lieu pour les anneaux décrits au début, ils sont visibles en lumière naturelle et plus distincts avec le polariseur qu'avec l'analyseur. Leur visibilité augmente avec l'abaissement de la température.

Les anneaux étant très serrés, leur mobilité est plus difficile à constater que dans les gouttes provenant directement de la fusion. A côté d'eux, il peut s'en trouver de fixes provenant de la séparation de la phloridzine au moment où la goutte devient anisotrope, ce qui complique beaucoup les figures décrites autrefois par O. Lehmann (Schraffierung).

En terminant, je ferai remarquer que l'étude des groupes d'anneaux dans les gouttes anisotropes produites par les deux procédés, permet de mettre en évidence, dans le cas où elles sont hétérogènes, les plages superposées, ou côte à côte, qui les composent.

PÉTROGRAPHIE. — *Les éléments lourds dans les sables désertiques.* Note de M. **Pierre Bellair**, présentée par M. Lucien Cayeux.

L'examen des éléments lourds contenus dans les sables désertiques recueillis dans le Sahara septentrional m'a permis de noter des différences systématiques et constantes de répartition particulièrement remarquables.

La méthode employée a été une séparation au bromoforme, suivie d'un triage à l'électroaimant; on fait ainsi trois lots pour chacun des échantillons examinés : très attirable, moyennement attirable, non attirable.

Les échantillons examinés provenaient tous de sables recueillis sur les parcours suivants : Ghardaïa-El Goléa, Ghardaïa-Ouargla, Ouargla-Touggourt-Biskra.

Les éléments minéralogiquement identiques sont tous de même taille; le triage éolien est aussi parfait pour les éléments lourds que pour les grains de quartz; naturellement, leur taille est beaucoup plus petite que celle de ces derniers.

Deux groupes distincts de sables se révèlent à l'analyse :

1° *Le lot occidental*, dont les échantillons sont caractérisés par l'extraordinaire abondance des grains de zircon, ayant gardé leur forme minéralogique. Les autres éléments sont : la muscovite (Grand Erg occidental, reg à 100^{km} de Ghardaïa), les minéraux titanifères (brookite, anatase, rutile), rares en général, la tourmaline, parfois abondante (échantillon prélevé sur une dune en travers de la piste à 80^{km} d'El Goléa), et surtout la magnétite, extrêmement fréquente. Les échantillons analysés provenaient du Grand Erg occidental à El Goléa, de sables épars au voisinage de la palmeraie d'El Goléa, de dunes rencontrées au long de la piste (deux échantillons à 80 et 40^{km} d'El Goléa) et de sables épars, sur la piste Ghardaïa-El Goléa, le plus septentrional provenant de la région de l'oued Seb-Seb.

Il est à noter qu'on ne peut déceler aucune différence qualitative nette entre la répartition minéralogique des éléments lourds des sables du Grand Erg occidental vers El Goléa, et celle des dunes et sables de regs recueillis à une grande distance (100 à 200^{km}) de cet ensemble arénacé. C'est là une preuve que ce matériel éolien très mobile qui parsème la surface des hammadas et des regs entre Ouargla, Ghardaïa et El Goléa a été arraché au Grand Erg occidental. D'autre part, la présence très abondante de magnétite et de zircon ayant gardé leur forme cristallographique semble impliquer une origine directe à partir de roches éruptives (provenance possible du Sahara marocain par la vallée de la Saoura).

2° *Le lot oriental* (Ouargla, Touggourt), où le zircon est exceptionnel, la muscovite abondante, la magnétite rare ou très rare. Les éléments occasionnels sont le rutile, le grenat rose, la staurotide, la tourmaline et le sphène. Les échantillons provenaient des bords de la palmeraie de Ouargla, de sables recueillis entre Ouargla et Touggourt (trois échantillons sur ce

trajet) et enfin des dunes des environs de Touggourt (grande Guemirah). De plus, il faut noter une couleur plus pâle des sables de cet ensemble, comparée à la teinte orangé vif des dunes d'El Goléa.

L'étude des minéraux lourds dans les sables sahariens montre que les échanges de matériel éolien semblent faibles à grande distance, entre les différents grands édifices dunaires du Sahara septentrional, et *ceci vaut depuis la constitution de ces édifices*. Elle souligne, pour la région envisagée, l'importance de la *dorsale Hoggar-Laghouat* (1). Cette ligne de hauteurs, séparant les deux anciens bassins fluviaux de la Saoura et de l'Igharghar, continue, depuis l'établissement du régime désertique, à être un obstacle infranchissable, même aux transports éoliens d'éléments très mobiles.

Il est probable qu'une étude plus détaillée des minéraux lourds provenant des sables des différents ergs donnerait des résultats intéressants et permettrait peut-être de jeter quelques lumières nouvelles sur l'origine, la formation et l'évolution de ces grands ensembles. Il apparaît, en effet, que les sables désertiques présentent les éléments lourds caractéristiques des sables fluviatiles qui leur ont donné naissance; on ne saurait, au contraire, comparer l'aspect global des deux formations, le vannage éolien et les oxydations superficielles ayant passablement modifié le sédiment originel.

PÉTROGRAPHIE. — *Le caractère pétrographique de la série éruptive du Jebel Sarro. Antiatlas marocain.* Note de M. **St. Ghika-Budesti.**

Les roches qui affleurent au col qui monte de l'Akka n'Oulili à l'Oul n'Ousir sont typiques pour la suite magmatique signalée dès 1934 (1) et qui peut être comparée à la série de la mangérite ou à celle de la charnockite.

Ces roches ont une structure massive à grain moyen; le quartz est peu visible à l'œil nu. Le feldspath potassique est pigmenté en rouge brunâtre; le plagioclase est verdâtre bleuté : c'est une andésine très altérée en un feutrage sériciteux avec quelques plages irrégulières de chlorites (pennine). Le feldspath potassique est une microperthite nuageuse pigmentée d'une fine poussière brunâtre. Le quartz à contours anguleux forme des structures impliquées par petites plages avec les feldspaths; les myrmékites

(1) E. F. Gautier, *Structure de l'Algérie*, 240 p., 46 fig., Paris, 1922.

(1) *C.R.S.S. de la Soc. Géol. de France*, 14, 1934, p. 208.

aussi sont abondantes. Parmi les éléments colorés les pyroxènes monocliniques prédominent ; c'est surtout du diallage ($c:n_g < 40°$, $+2V < 60°$) dont le clivage supplémentaire 100 est distinct; il contient d'abondantes inclusions microlitiques opaques. Certaines plages du pyroxène sont transformées en hornblende brune à pléochoïsme acajou, mais c'est principalement une ouralite fibreuse qui a remplacé des cristaux entiers; quelques paillettes de biotite apparaissent aussi. L'antigorite remplace directement et progressivement le pyroxène donnant les pseudomorphoses en bastite.

Sur les 17 analyses micrométriques exécutées, nous citons les suivantes :

	Q.	Kf.	Pg.	Pyr.	Chl.	Acc ([a]).
GG 102	17	31	27,5	15	5,5	3,5
GG 101	23	32,5	32	6,5	1,5	3,9
CG 145	19	33,7	40,5	1,2	5,3	0,5
CG 4	29,5	25,5	36,5	–	6,7	1,5
GG 110	16,5	22,6	34,3	13,2	11,5	2
CC 16	10,3	15,1	49,1	16,6	3,7	4,7
CG 1	10,5	12,3	54,4	9,8	10,4	2,3

([a]) Q, quartz; Kf, feldspath potassique (microperthite); Pg, plagioclases; Pyr, pyroxène et amphiboles qui en proviennent; Chl, chlorites; Acc, minéraux accessoires, principalement minerai opaque.

Nous devons à M. R. Frey l'analyse de deux échantillons.

	CG 145.	CG 4.		CG 145.	CG 4.
SiO^2	64,1	61,6	H^2O^+	1,2	1,0
Al^2O^3	18,0	17,2	H^2O^-	0,29	0,33
Fe^2O^3	2,4	2,4	CO^2	0,30	0,18
FeO	2,8	4,4	TiO^2	0,65	0,94
MgO	1,7	2,2	P^2O^5	0,35	0,40
CaO	2,7	2,8	S	0,11	0,08
Na^2O	2,5	2,4	MnO	0,08	0,16
K^2O	3,3	4,0	Somme	100,48	100,09

Dans une classification basée sur le rapport quantitatif des minéraux leucocrates, les roches de l'Akka n'Oulili se placent parmi les roches quartzifères, dans la catégorie où la quantité de feldspath potassique est moindre que celle du plagioclase ; les termes les plus potassiques (GG 102) seraient des granites à tendance monzonitique, mais lorsque le plagioclase l'emporte ce sont des granodiorites variant des adamellites (CG 145) aux monzotonalites (CG 4). Comme les microperthites contiennent aussi du plagioclase, il est correct de classer toutes ces roches dans la famille des grano-

diorites. Ces variations ont peu d'importance par rapport aux caractères communs qui sont les suivants : le feldspath potassique apparaît toujours sous forme de microperthite, le quartz a toujours une structure impliquée et l'élément mélanocrate est toujours un pyroxène, principalement du diallage à inclusions microlitiques opaques.

Ces caractères sont ceux que Holland a mis en évidence dans la série des charnockites des Indes ([2]) et que l'on retrouve dans les mangérites de Norvège, avec cette différence cependant que les roches du Sarro ne contiennent pas d'hypersthène. La composition globale, minéralogique et chimique correspond à celle de la division intermédiaire de Holland et de Groves ([3]). La teneur en alcali paraît trop élevée au Sarro, mais les caractères chimiques devront être discutés pour l'ensemble des provinces pétrographiques.

Les roches de l'Akka n'Oulili sont des granodiorites appartenant à la série des charnockites. Elles font partie au Sarro d'une suite très étendue de roches consanguines appartenant à la suite magmatique que Goldschmidt dénomme tronc mangéritique. Dans le socle africain il est déjà connu dans l'Uganda, au Kenya, au Gabon, à la Côte d'Ivoire ([4]), à la Sierra Leone et au Benguella. Ce sont partout des roches précambriennes.

GÉOLOGIE. — *Sur l'Albien inférieur du Boulonnais.* Note ([1]) de M. **Auguste-Pierre Dutertre**, transmise par M. Charles Barrois.

Dans un très intéressant mémoire sur l'Albien de Wissant, MM. J.-P. et P. Destombes ([2]) ont affirmé l'existence à Wissant de la zone à *Leymeriella tardefurcata* (zone IV de l'Albien de M. Ch. Jacob) et des trois sous-zones de M. L. F. Spath (s.-z. à *Hypacanthoplites Milletianum*, s.-z. à *Leymeriella regularis* et s.-z. à *Douvilleiceras mammilatum*), correspondant à cette même zone; en outre, ces auteurs ont conclu qu'à Wissant la transgression ne date pas de l'Albien moyen mais de l'Albien inférieur avec la

---

([2]) *Memoirs of the Geol. Survey of India*, 27, 1900, p. 118.
([3]) *Quart. Jour. of the Geol. Soc. London*, 91, 1935, p. 150.
([4]) *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 18.

([1]) Séance du 21 novembre 1938.
([2]) *Ann. Soc. Géol. Nord*, 62, 1927, 2e livr. (mai 1938), p. 98-113.

zone à *Hyp. Milletianum* et qu'il y aurait une lacune des zones à *Acanthoplites Jacobi* et *Acanthoplites Nolani* de M. L. F. Spath (zone III à *Douvilleiceras nodosocostatum* de M. Ch. Jacob).

Cette interprétation repose sur la découverte faite par MM. Destombes dans les sables verts inférieurs d'une ammonite qu'ils ont cru pouvoir identifier à *Hyp. Milletianum*, espèce qu'ils déclarent avoir recueillie en abondance dans leur niveau phosphaté Ph. 1.

La présence de *Hyp. Milletianum* dans l'Albien de Wissant a été signalée depuis longtemps par Edm. Rigaux (*Mém. Soc. Acad. de Boulogne-sur-Mer*, 14, 1892), d'après quelques ammonites recueillies par G. Le Mesle, mais aucun de ces fossiles, conservés au Musée géologique du Boulonnais (n° 2780 du Catalogue), ne peut être identifié à cette espèce.

Hyp. Milletianum est une ammonite riche en variétés : l'holotype d'Alc. d'Orbigny ([3]) est caractérisé par sa forme peu comprimée, ses grosses côtes saillantes, peu nombreuses et également espacées, tel qu'il se trouve au niveau de Machéroménil (Ardennes); parmi les *variétés*, il en est une qui est caractérisée par sa petite taille, sa forme comprimée, ses côtes fines, assez nombreuses et assez serrées, que P.-H. Fritel ([4]) a décrite comme *var. elegans* : cette petite forme apparaît à un niveau inférieur à celui de Machéroménil et peut être distinguée à titre d'espèce indépendante.

C'est précisément cette petite forme (*Hyp. elegans*) que MM. Destombes ont tout récemment découverte dans les sables glauconieux inférieurs de Wissant et qu'ils ont citée dans la faune de leur niveau phosphaté Ph. 1 à la base de la zone à *Douv. mammillatum*; les échantillons que ces auteurs ont signalés à ce niveau se présentent soit à l'état de fragments roulés, soit à l'état de moules inclus dans des nodules roulés de grès ferrugineux ou de phosphate et sont certainement remaniés; leur gisement originel doit être recherché dans les sables glauconieux inférieurs au sommet desquels ils se trouvent dans un petit niveau phosphaté.

Quant aux ammonites signalées par MM. Destombes sous le nom de *Hyp. Milletianum* dans leur niveau phosphaté Ph. 1 situé un peu plus haut, en compagnie de *Douv. mammillatum*, *Beudanticeras ligatum* et d'autres fossiles, elles ne peuvent pas être identifiées à cette espèce : les caractères de cette ammonite (forme comprimée, tours peu embrassants, côtes assez fines)

([3]) *Paléontologie française, Terr. crétac.*, Atlas, I. Céphalop., Pl. 77, fig. 1 et 2.
([4]) *Le Naturaliste*, n° 472, 1905, p. 245.

la rapprochent singulièrement de *Acanthoplites Jacobi* L.-W. Collet; ces ammonites se trouvent à l'état de fragments roulés en phosphate et ont été certainement remaniées d'un horizon inférieur.

Dans l'intérieur du pays boulonnais, les sables glauconieux à *Douv. mammillatum* reposent transgressivement soit sur le Wealdien, soit sur les sables aptiens à *Trigonia alæformis* (Les Burets, commune de Longueville), soit sur des sables blancs (Petit Bellebée, commune d'Henneveux) d'âge imprécis (Albien ou Aptien supérieur); ils contiennent à leur base des fragments roulés en phosphate d'une ammonite, non encore signalée dans le Boulonnais, qui s'identifie à *Ac. Uhligi* L.-W. Collet ([5]) non Anthula ([6]) et que, pour éviter toute confusion, je propose de désigner sous le nom de *Ac. Spathi* n. sp., en me référant aux figures 7 et 8 de la Planche 8 du Mémoire de M. L.-W. Collet ([7]).

De plus, parmi les ammonites qui ont été découvertes tout récemment dans l'Albien inférieur de Folkestone par MM. Casey et L. F. Spath, et que ce dernier a bien voulu me communiquer au *British Museum*, j'ai pu reconnaître, avec M. L. F. Spath, toutes les ammonites que je viens de citer dans l'Albien inférieur du Boulonnais et, fait intéressant, les fossiles des deux provenances se présentent exactement dans le même état de conservation.

Ainsi, à Wissant et à Folkestone, il subsiste des vestiges de la sous-zone à *Ac. Jacobi* et des dépôts d'une autre sous-zone (sables à *Hyp. Elegans*) plus ancienne encore; la lacune stratigraphique, sur laquelle j'ai ([8]) attiré incidemment l'attention, ne correspond donc pas à la totalité des premiers dépôts albiens inférieurs [s.-z. à *Ac. Nolani* et s.-z. à *Ac. Jacobi* de M. L. F. Spath ([9])], mais, plutôt, à une partie seulement des couches groupées dans le *Leymeriellan*, certaines sous-zones de l'Albien inférieur étant très réduites ou même représentées seulement par des fossiles phosphatés roulés à l'état de galets.

Les sables glauconieux à *Hyp. elegans* de Wissant sont les premiers

---

([5]) *Mém. Soc. Phys. et Hist. nat. de Genève*, 35, III, 1907, p. 519-529.

([6]) *Beit. zur Palaeont. und Geolog. des Oesterreich-Ungarns und des Orients*, XII, II et III, 1899.

([7]) *Mém. Soc. Phys. et Hist. nat. de Genève, loc. cit.*

([8]) *Ann. Soc. Géol. du Nord*, 62, 1937, 2e livr., mai 1938, p. 120.

([9]) *Proceed. Geol. Assoc.*, 34, 1923, p. 70-76.

sédiments albiens déposés dans le Boulonnais, si toutefois les sables blancs ([10]) à stratification entrecroisée sous-jacents n'appartiennent pas déjà à cet étage.

A l'époque de l'Albien moyen, la mer à *Douv. mammillatum* a recouvert toute la région boulonnaise et les sables qu'elle a déposés contiennent, à la base, des fossiles (*Ac. cf. Jacobi*, *Ac. Spathi*, *Hyp, Milletianum* à peu près typique etc.) roulés et remaniés de plusieurs niveaux de l'Albien inférieur ravinés par la transgression.

GÉOLOGIE. — *Découverte d'un horizon fossilifère en Ardenne française dans le massif ardoisier de Rocroi*. Note ([1]) de M. **François Tanazacq**, transmise par M. Charles Barrois.

De part et d'autre, et quelques mètres au sud, du pont dit du *Grand Moulin de Maubert*, à Maubert-Fontaine (Ardennes), nous avons trouvé un niveau fossilifère dans le terrain schisteux, considéré comme Cambrien, du massif de Rocroi. Les fossiles, la plupart non spécifiquement déterminables, sont :

1° des vésicules elliptiques de quelques millimètres, couvrant des lits entiers et qui pourraient être des algues.

2° des ramuscules dichotomes, et divers axes grêles d'apparence droite ou segmentée, pouvant être rapportés à des algues ou à des hydrozoaires;

3° des traces et des pistes attribuables à des vers, souvent visibles à la surface de lits gréseux de quelques centimètres d'épaisseur;

4° enfin, dans ce niveau fossilifère du Grand Moulin, quartzophyllades zonaires et phyllades rubannés, gris et noirs, qui offrent une si étrange ressemblance lithologique avec les couches de passage à *Dictyonema* du Revinien au *Salmien* belge, nous avons trouvé un échantillon bien conservé de *D. flabelliforme* Eichwald ([2]), caractéristique en Belgique des couches intermédiaires entre Revinien et Salmien.

([10]) D'après l'analyse granulométrique faite par M. Rivière, ce sont des sables côtiers.

([1]) Séance du 21 novembre 1938.

([2]) Cet échantillon a été trouvé parmi des écailles schisteuses en voie d'éboulement sur une surface de clivage, ce qui ne nous a pas permis jusqu'à ce jour, malgré nos efforts, de fixer la position exacte du lit dont il provient.

Or ce niveau fossilifère de Maubert est situé entre un ensemble revinien et une bande de roches, souvent vertes, considérées antérieurement par A. Dumont comme devilliennes (anticlinal d'Eteignières). Ces dernières contiennent le niveau diabasique connu en bordure du Devillien de Rimogne, et sont entourées d'une série jalonnée jusqu'au Revinien supérieur par six niveaux analogues dont les termes élevés sont en accord avec la stratigraphie de G. Waterlot. La découverte d'une centaine de gîtes nouveaux de diabases et porphyroïdes à l'est de Maubert et au nord de Rimogne, dont la position sera précisée dans un Mémoire plus étendu que la précédente Note, nous permet de signaler l'existence de ces niveaux, et la connaissance d'une tête anticlinale dans la coupe du Ruisseau des Moulins de Maubert nous sert d'argument pour distinguer le sens des symétries dans ce matériel isoclinal.

Dans ces conditions, il apparaît que la position de l'horizon à *Dictyonema* soit, en réalité, en Ardenne, à la base plutôt qu'au sommet du Revinien. En ce cas, *une partie au moins de ce qui a été appelé* Salmien *ne serait qu'un faciès du Devillien supérieur.* Nous avons vérifié dans le Brabant (autour de Court-Saint-Étienne) et en Ardenne belge (autour du Vielsalm) que rien ne s'oppose à cette suggestion, qui appelle toutefois de plus amples recherches. Qu'il en soit ainsi, ou bien qu'il soit démontré que les *Dictyonema* sont à la fois à la base et au sommet du Revinien, de toutes façons *cet étage devient l'équivalent du Trémadoc* et seul le Devillien représente en Ardenne le Cambrien *sensu-stricto*.

OCÉANOGRAPHIE. — *Le dépôt des sédiments en Méditerranée occidentale.* Note de M. **Léopold Berthois**, présentée par M. Lucien Cayeux.

Les observations sur la vitesse à laquelle s'effectue le dépôt des sédiments en Méditerranée occidentale sont, à ma connaissance, en petit nombre.

Dans son Mémoire sur les fonds sous-marins de Banyuls, G. Pruvot [1] a signalé qu'il existait au bord du Plateau continental une zone de sables et graviers dont le transport n'a pu être effectué par les faibles courants actuels, et il admet que la formation de ce plateau remonte à une époque antérieure; il mentionne en outre que les rivières actuelles ne charrient

(1) *Arch. Zool. exp. et gen.*, 3e série, 2, 1894, p. 599-672, une carte h. t.

plus que des sédiments fins qui se déposent bien avant le bord du Plateau continental et constituent la vase côtière qui recouvre, près du rivage, les graviers et les sables précédents.

La découverte, en 1897, d'un gisement sous-marin de coquilles anciennes au voisinage du Cap de Creux ([2]) est venue confirmer ces précédentes recherches.

F. Thoulet (*Ann. Inst. Océan.*, 4, VI, Paris 1912) a estimé la vitesse de la sédimentation dans le Golfe du Lion à 1^{mm} par an.

Plus récemment, L. Dangeard ([3]) a signalé que les graviers et les sables sont limités à une auréole au bord de la côte, et que les vases règnent partout au delà de cette frange littorale de 40^{m} à 50^{m} de profondeur; enfin, il indique une large bande de vase sableuse interposée entre la vase côtière et la vase du large.

L'étude minéralogique des sédiments dragués en Méditerranée par le *Pourquoi-Pas?* en 1922-1923 m'a permis d'apporter quelque contribution aux observations précédentes.

Les teneurs en SiO^2 indiquées par les 22 analyses effectuées sont en général très faibles :

15 échantillons renferment moins de 8 pour 100 de SiO^2; les 7 autres contiennent 17 à 40 pour 100 de silice.

Les teneurs en Al^2O^3 sont toujours inférieures à 2,5 pour 100. Les faibles valeurs de ces chiffres pourraient déjà faire supposer que les apports détritiques sont peu importants, puisque l'on constate une baisse très rapide des teneurs en quartz dans les stations éloignées des embouchures des rivières.

La rareté des minéraux lourds, dans toutes les stations, même dans celles voisines d'un gisement de roches éruptives ou cristallophylliennes, ainsi que le manque de sélection des minéraux de P. S. inférieur à 2,90 et des minéraux lourds indiquent la très faible importance des transports par les courants.

L'étude des dimensions du quartz permet de noter que dans les stations très voisines des embouchures de cours d'eau, il existe une certaine quantité de grains quartzeux assez volumineux (500 à 800^{μ}), tandis que dans les échantillons éloignés des rivières, ou dragués au large, les dimensions des grains de quartz sont beaucoup plus réduites (25 à 200^{μ}).

([2]) *Arch. de Zool. exp. et gen.*, 3e série, 5, 1897, p. 572.

([3]) *Ann. Inst. Océan.*, 6, I, 1928, p. 293, 27 fig., 8 pl., 18 cartes.

Une partie de ce quartz provient certainement de la désagrégation des calcaires détritiques qui libèrent alors de très petits éléments quartzeux pouvant être transportés au loin, mais une forte proportion de ces petits fragments existe à l'état libre, incorporés à la fine boue calcaire que l'on observe avec plus ou moins d'abondance dans tous les échantillons dragués où elle se présente sous l'aspect d'une fine poussière calcaire renfermant très peu d'argile, comme l'ont montré les analyses chimiques et les analyses thermiques différentielles effectuées.

On est donc amené à conclure que les apports détritiques se font sur une étroite bande près des côtes et que, seuls, les petits éléments parviennent au large.

En examinant la part que tiennent les éléments organiques dans la sédimentation, on pourra apprécier approximativement la quantité de calcaire apporté à la mer en petits éléments, dissous, puis fixé par les organismes ([4]).

L'étude a été faite par comptage des grains, minéraux et organiques, divisés en trois lots par tamisage, puis par l'évaluation des rapports en poids, après détermination des poids spécifiques de chacun; elle a permis de connaître la proportion existant entre les éléments organiques et détritiques du sédiment; j'ai constaté que les premiers ne représentent parfois que 50 à 60 pour 100 de l'ensemble, mais qu'ils atteignent fréquemment 75 et même 88 pour 100 du poids total du sédiment.

Mais l'étude du quartz et des minéraux lourds a montré que la plus grande partie des éléments détritiques ne dépassait pas une étroite bande côtière; on peut donc en conclure que, malgré la présence des organismes, les matériaux constituant le sédiment s'accumulent très lentement.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les pluies torrentielles en Tunisie.* Note de M. **Charles Bois**, présentée par M. Charles Maurain.

On qualifie de torrentielle toute pluie ayant fourni une hauteur d'eau égale à 30^{mm} au moins pour une durée de 24 heures à la station d'observation. De telles précipitations ne sont pas rares en Tunisie, où elles provoquent souvent des crues occasionnant des dégâts plus ou moins graves. Afin d'être en mesure de prévenir ces dégâts, il est nécessaire de connaître

([4]) L. Cayeux, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 9.

les caractéristiques des pluies torrentielles sur le territoire de la Régence. La présente Note a pour objet de résumer les résultats de recherches relatives à leur fréquence et à leur importance.

Ce travail devra être complété ultérieurement; les observations n'ont été entreprises en Tunisie qu'à une date relativement récente (les trois stations les plus anciennes ont été créées il y a environ 50 ans). Le régime des pluies varie beaucoup d'un point à l'autre : il est indispensable d'étudier les données d'un nombre de stations aussi grand que possible. J'ai donc dressé une statistique des observations des 80 stations tunisiennes ayant fonctionné sans arrêt de 1918 à 1937. Pour chacune d'elles, j'ai calculé la fréquence annuelle moyenne des pluies ayant fourni au moins 30, 40, 50, ..., 100^{mm} en 24 heures. Dans le tableau ci-dessous, extrait de ce

Fréquences annuelles moyennes des pluies ayant fourni en 24 heures au moins.

Stations.	30^{mm}.	60^{mm}.	100^{mm}.
Kroumirie			
Ain Draham	14,65	2,75	0,55
El Feïdja	8,85	1,15	0,20
Tabarka	6,20	0,45	0,05
Souk el Arba	0,85	–	–
Béjaoua-Mogods			
Sedjenane	5,40	0,60	–
Béja	2,60	0,15	–
Bizerte	2,35	0,15	–
Golfe de Tunis			
Tunis	2,30	0,25	0,05
Cap Bon			
Kélibia	2,45	0,40	–
Grombalia	2,65	0,60	0,15
Hammamet	2,55	0,65	0,10
Dakla			
Téboursouck	2,45	0,50	0,25
Medjez el Bab	1,30	–	–
Hautes Plaines			
Maktar	2,30	0,15	0,05
Thala	2,15	0,30	0,15
Le Kef	2,20	0,05	–

Stations.	30^{mm}.	60^{mm}.	100^{mm}.
Oued Miliane			
Zaghouan	2,95	0,45	0,05
Région de Kairouan			
Kairouan	1,40	0,15	–
Région de Sousse			
Sousse	1,95	0,35	0,10
El Djem	1,70	0,25	–
Région de Sfax			
Sfax	1,30	0,25	–
Région de Gafsa			
Gafsa	0,45	–	–
Région de Metlaoui			
Metlaoui	0,25	–	–
Région de Gabès			
Gabès	0,90	0,20	–
Arad			
Djerba	1,20	0,40	0,05
Médenine	0,80	0,10	0,05
Territoires de Sud			
Kebeli	0,50	0,20	–
Matmata	2,15	0,70	0,35
Tatahouine	0,50	0,10	–

travail, on trouvera les valeurs de ces fréquences dans 30 stations pour les pluies ayant fourni au moins 30, 60 et 100^{mm} en 24 heures.

On observe les fréquences les plus élevées au Nord de la Kroumirie et

dans le massif des Mogods; les pluies torrentielles sont relativement rares dans le Sud de la Tunisie, surtout dans la région des oasis. Entre ces extrêmes, la variation est assez irrégulière. Le maximum observé a été de 231^{mm} près de Téboursouk; on a noté en tout quatre pluies de 200^{mm} et plus sur tout le pays.

Les résultats obtenus constituent une base de comparaison; est-il légitime de les utiliser pour les besoins de la pratique? Si l'on calcule les valeurs de la fréquence d'après la totalité des observations faites aux mêmes stations, on trouve, pour l'ensemble des pluies de 30^{mm} au moins, des résultats s'écartant peu des précédents. Pour les pluies de 100^{mm} et plus, les valeurs sont en général plus élevées. Parfois, il ne s'est produit en 20 ans aucune précipitation de cette importance, tandis que pendant les années qui ont précédé on en a observé une ou plusieurs. Pour les applications techniques, on devra donc utiliser les valeurs de la fréquence calculées d'après l'ensemble des données dont on dispose. Pour les postes où jusqu'à ce jour aucune pluie de 100^{mm} n'a été observée, il est possible de suppléer dans une certaine mesure au manque de données.

La fréquence décroît rapidement quand la hauteur d'eau augmente; on peut représenter sa variation par la formule empirique [1]

$$\log \frac{f_0}{f} = a(h - h_0),$$

où f représente la fréquence d'une pluie ayant fourni une hauteur au moins égale à h; f_0 correspond à $h_0 = 30^{mm}$; a est un coefficient positif variant suivant la station. Sauf quelques exceptions, les résultats sont satisfaisants, au moins en première approximation; on peut d'ailleurs les améliorer dans certains cas par l'adjonction de termes du deuxième et du troisième degré. Après le calcul du coefficient a d'après les données de l'observation, on peut tirer de la formule une valeur de f correspondant à $h = 100^{mm}$. On obtiendra ainsi une valeur provisoire de la probabilité annuelle d'une pluie de 100^{mm} au moins. De la sorte, il a été possible de déterminer plus correctement le périmètre des zones où les pluies de 100^{mm} sont à redouter.

---

(1) Les formules proposées par A. Coutagne (*La Météorologie*, 3e série, n° 15, Paris, mai et juin 1938, p. 155-165) n'ont pas fourni de résultats satisfaisants. Le problème posé est d'ailleurs un peu différent.

CYTOLOGIE. — *La cyclose chromatique des Péridiniens est un stade (prophase-métaphase) de leur division.* Note de M[lle] **Berthe Biecheler**, présentée par M. Maurice Caullery.

En 1935 (1), j'ai décrit la cyclose chromatique chez quelques Péridiniens, et j'ai émis l'hypothèse que ce phénomène était lié directement à la division nucléaire.

En 1937 (2), Chadefaud, qui observe une cyclose intranucléaire dans la baside de certains Hyménomycètes, arrive à cette conclusion qu'elle n'est nullement en relation avec la mitose. Mais il s'agit là d'une cyclose différente de celle que présente le noyau des Péridiniens, car, chez les Hyménomycètes, seul le nucléole est mobile à l'intérieur du noyau. D'après Chadefaud, ce mouvement est dû à une fluidification du caryoplasme.

J'ai pu revoir la cyclose chromatique chez différents Péridiniens, et notamment chez le *Peridinium sociale* Henneguy, où j'ai suivi le sort de quelques individus qui la présentaient. Je n'ai jamais vu le début du phénomène, car on ne peut repérer que les formes chez lesquelles la cyclose est déjà en train. Tous les Péridiniens observés ont abouti, après un temps assez long, de 20 à 30 heures, à la formation de deux individus sortant de la carapace de l'exemplaire initial, avant que la division cytoplasmique ne soit achevée. Ainsi j'ai eu la preuve directe de l'aboutissement à la division des formes à noyau en cyclose. J'ai pu, du reste, suivre sur le vivant les stades les plus importants de la mitose. Ils seront étudiés en détail dans un travail ultérieur.

La confrontation de mes observations sur le vivant avec celles du matériel fixé et coloré m'a permis de constater que le clivage longitudinal des chromosomes se fait toujours durant la cyclose. La séparation des chromatides, marquant le stade métaphase, se fait aussi à ce moment.

Le mouvement dans lequel sont entraînés les chromosomes rend l'observation de ce stade très difficile sur le vivant. Pendant toute sa durée, le noyau présente un volume double ou triple de celui du noyau au repos. Ainsi peut s'expliquer fort bien que des chromatides, qu'elles soient en V, en U, ou linéaires, puissent, à ce moment, se séparer selon le mode syndi-

(1) B. Biecheler, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 503.
(2) M. Chadefaud, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 515.

nien ([3]). Après leur séparation, la cyclose se ralentit et le noyau entre en anaphase. Donc la cyclose englobe et le clivage des chromosomes et la métaphase.

Dans ma Note de 1935, faite uniquement d'après des observations sur le vivant, j'écrivais, en parlant des noyaux en cyclose : « La masse chromatique de ces gros noyaux est fragmentée en chromosomes beaucoup plus nombreux et plus fins que celle des noyaux normaux. » Si je n'avais pas saisi la cyclose sur le vivant, ces noyaux fixés et colorés me seraient apparus comme des noyaux monstrueux, n'ayant plus rien de commun avec ceux des individus au repos. Or, l'étude de mes préparations me montre qu'il y a des termes de passage entre les noyaux au repos et les noyaux en cyclose.

Avant la cyclose, au début de la prophase, il y a gonflement, suivi d'un allongement des chromosomes, accompagné d'un agrandissement notable du noyau. Ces éléments, plus allongés, s'entortillent dans le noyau et donnent ainsi l'impression d'un nombre de chromosomes plus élevé. Leur allongement n'est pas synchronique, de sorte qu'un noyau peut en contenir de longueur et d'épaisseur variables. Lorsque la cyclose commence, tous sont entraînés par le mouvement tourbillonnaire, tout en continuant de s'étirer et prennent dès lors un aspect moins tourmenté. On peut constater qu'un chromosome qui est en train de se cliver est approximativement trois ou quatre fois plus long qu'un même élément de cellule au repos. Depuis le gonflement des chromosomes jusqu'après la séparation des chromatides, le noyau reste très gros. Ainsi, dans les préparations voit-on beaucoup d'individus présentant des noyaux volumineux et où le nombre des chromosomes paraît bien supérieur à celui qui constitue le noyau normal d'une espèce donnée. Il est à remarquer que ces noyaux accrus et en cyclose sont tous en prophase ou en métaphase, et jamais en anaphase ou en télophase. Ces derniers ont toujours l'aspect caractéristique des noyaux normaux, ce qui vient bien à l'appui de la conception développée ci-dessus de la mitose chez les Péridiniens.

Certains auteurs, A. Borgert ([4]), R. Hovasse ([5]), ont observé, chez des

---

([3]) Chatton, *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 859.

([4]) *Kern und Zellteilung bei marinen Ceratium-Arten* (*Arch. f. Prot.*, 20, 1901, p. 1-47).

([5]) *Comptes rendus Soc. Biol.*, 87, 1922, p. 845; *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, 57, 1923, I, p. 108 à 130, et 58, 1924, I, p. 38 à 48.

Péridiniens, des noyaux différant par leur taille et le nombre de leurs chromosomes. Borgert l'explique par une division longitudinale, suivie d'une division transversale des chromosomes. Hovasse a fait intervenir des phénomènes d'ordre physicochimique pour expliquer ces variations. Pour ce qui est de leurs limites (de cinquante à un millier environ, qu'observe Hovasse chez *Zooxanthella Chattoni*) elles ne peuvent guère s'interpréter, à mon sens, que par la résolution à certains moments, des chromosomes en leurs chromomères. Quant au phénomène même de la variation de la taille des noyaux et de celle du nombre des chromosomes, il me semble qu'elle s'explique simplement par la succession des stades décrits plus haut.

BACTÉRIOLOGIE. — *Étude du rapport entre la dose de vitamine hydrosoluble hétérogène et la quantité des bactéries initialement ensemencées par le contrôle de l'activation de la croissance.* Note de MM. **Auguste Sartory, Jacques Meyer et Dominique Schmutz.**

Nous avons [1], à la suite d'expériences antérieures, émis l'hypothèse : « Il paraît exister une relation entre les poids de vitamine exogène et de bactéries ensemencées. » Muller a ensuite en collaboration avec nous établi : « L'optimum de croissance semble se manifester à la concentration initiale de $0^{\gamma},05$ de vitamine hydrosoluble pour 1^{cm^3} de milieu et à l'apport initial de $0^{cm^3},1$ de germes cultivés spécialement au préalable. »

Nous avons continué ces études en faisant varier d'un côté les doses de vitamines et de l'autre en modifiant les quantités de bactéries initialement ensemencées.

Nous nous croyons en droit de tirer les conclusions suivantes quant à nos expériences effectuées sur les vitamines B1 et B2 employées séparément.

I. A la dose de $0^{\gamma},05$ de vitamine et de $0^{cm^3},1$ de bactéries initialement ensemencées.

Muller [2] a trouvé la plus grande activation de la croissance après 48 heures. Nos nouveaux essais effectués dans les mêmes conditions, c'est-à-dire avec $0^{\gamma},05$ et $0^{cm^3},1$ de matériel initial d'ensemencement corres-

---

[1] A. et R. Sartory et J. Meyer, *Comptes rendus*, 206, p. 1414.
[2] W. H. Muller, *Thèse Pharm.*, Strasbourg, 1938.

pondent à cette constatation. Nous avons noté de plus que des doses croissantes de matériel d'ensemencement et des doses diminuantes de vitamines non seulement n'ont plus aucune activité, mais à certaines concentrations exercent une action inhibitrice sur la croissance. Avec des doses de vitamines dix fois inférieures à celles qui produisent l'action optima, nous ne constatons plus d'activation de la croissance bactérienne.

Tableau d'expériences néphélométriques exprimant nos résultats.

Heures	24.			48.			72.		
Dose d'ensemencement initiale	$0^{cm^3},1$.	$0^{cm^3},5$.	1^{cm^3}.	$0^{cm^3},1$.	$0^{cm^3},5$.	1^{cm^3}.	$0^{cm^3},1$.	$0^{cm^3},5$.	1^{cm^3}.
Expériences au moyen de 5^{γ}.									
Témoin	8,0	8,0	9,0	14,5	18,0	15,0	16,0	23,0	22,5
Vitamine B1	7,0	10,0	9,5	14,0	15,5	16,0	21,0	25,0	29,0
Vitamine B2	7,75	7,0	8,0	8,0	12,0	9,5	17,0	18,0	17,5
Expériences au moyen de $0^{\gamma},5$.									
Témoin	11,25	19,75	–	21,0	32,0	–	34,0	33,5	–
Vitamine B1	17,5	18,5	–	28,5	28,25	–	41,5	34,5	–
Vitamine B2	20,0	14,5	–	29,5	26,0	–	36,5	31,0	–
Expériences au moyen de $0^{\gamma},05$.									
Témoin	10,5	21,0	21,0	19,7	35,0	34,0	34,5	40,0	47,0
Vitamine B1	12,5	19,0	16,0	27,0	28,2	27,0	38,5	38,0	44,5
Vitamine B2	13,0	15,75	15,5	24,0	27,5	30,0	33,0	38,25	46,0

II. A la dose de 5^{γ} de vitamine et de doses croissantes de bactéries initialement ensemencées.

En partant de $0^{cm^3},1$ d'émulsion bactérienne nous observons seulement au cours du troisième jour une activation par les deux vitamines, il s'agit donc d'une activation retardée. En employant des quantités plus grandes de bactéries ($0^{cm^3},5$ et 1^{cm^3}) nous notons les phénomènes suivants pour la vitamine B1 : la culture ensemencée avec $0^{cm^3},5$ d'émulsion bactérienne présente une activation à peine visible, tandis que celle ensemencée au moyen de 1^{cm^3} d'émulsion bactérienne présente une augmentation nette en comparaison avec le témoin; ce qui correspond à notre première hypothèse : 5^{γ} de vitamine : activation optima pour 1^{cm^3} d'émulsion bactérienne; 5^{γ} de vitamine : pas d'activation sensible pour $0^{cm^3},5$ d'émulsion bactérienne.

Ici il y a donc un rapport entre le poids de la vitamine B1 hétérogène et celui de bactéries ensemencées.

Nos constatations au moyen de la vitamine B2 en diffèrent considérablement. Nous observons un retard en augmentant les doses de bactéries ensemencées. En travaillant au moyen de $0^{cm^3},5$ de culture initiale, nous remarquons même une véritable inhibition de la croissance et la dose de 5^{γ} de vitamine agit comme un toxique vis-à-vis de la quantité bactérienne initialement ensemencée. La vitamine B2 semble donc avoir un effet activant sur la croissance bactérienne seulement à des doses plus petites que $0^{\gamma},05$.

III. Des essais semblables ont été effectués à l'aide de $0^{\gamma},5$ de vitamine et $0^{cm^3},1$ resp. $0^{cm^3},5$ et 1^{cm^3} de culture spécialement préparée et ensemencée.

De l'ensemble de nos expériences nous pouvons donc confirmer notre hypothèse quant à la relation entre la dose de vitamine B1 hétérogène et la dose de bactéries ensemencées :

$$\frac{\text{Vitamine B1 } 0^{\gamma},05}{\text{Bactéries ensemencées } 0^{cm^3},1} = \text{dose optima,}$$

$$\frac{\text{Vitamine B1 } 0^{\gamma},5}{\text{Bactéries ensemencées } 0^{cm^3},1} = \text{dose activante, mais non pas optima,}$$

$$\frac{\text{Vitamine B1 } 5^{\gamma}}{\text{Bactéries ensemencées } 1^{cm^3}} = \text{dose optima.}$$

Pour la vitamine B2 nous constatons une activation seulement à la dose de $0^{\gamma},05$ et de $0^{\gamma},5$ en employant $0^{cm^3},1$ de culture bactérienne. Toutes les autres concentrations de vitamine B2 en rapport avec le matériel d'ensemencement semble occasionner une diminution de la croissance, et par suite obéir à d'autres lois physiologiques que la vitamine B1.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de l'action de la quinine sur les amibes : pénétration cellulaire et toxicité.* Note de MM. **Guillaume Valette** et **René Rollé**, présentée par M. Maurice Javillier.

La fixation de la quinine sur une cellule vivante peut être aisément décelée si l'on opère en lumière ultraviolette de telle manière que la fluorescence produite puisse être observée au microscope. L'un de nous a exposé [1] les résultats obtenus en appliquant cette technique à l'étude de la fixation de la quinine sur les paramécies.

---

[1] G. Valette, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 681.

Il nous a semblé qu'il y aurait intérêt à reprendre de semblables recherches sur des protozoaires moins différenciés, où la pénétration des substances dissoutes ne serait plus influencée par l'entraînement mécanique, dû aux battements des cils du péristome dans le cas des infusoires.

Nos expériences ont porté sur une amibe d'eau douce, *Amœba dubia* Schæffer, voisine d'*Amœba proteus* Leidy.

Ces amibes, cultivées sur milieux convenables (milieu au blé de Suydam Brehme et milieu au foin de Hopkins et Johnson), sont collectées par centrifugation lente, lavées à deux reprises à l'eau distillée et mises en contact avec une solution de sulfate de quinine de pH 3,2, cette valeur de pH correspondant au maximum de fluorescence.

Une goutte de liquide est placée entre lame et lamelle et la préparation est observée au microscope à fluorescence. On constate au bout d'un certain temps l'apparition d'une fluorescence bleue très intense, notamment en certains points correspondant à différentes inclusions cytoplasmiques ou vacuolaires. A partir d'un certain degré d'intoxication de l'amibe, la fluorescence diminue d'intensité pour se réduire, au moment de la mort, à une plage faiblement lumineuse sur toute son étendue.

On peut donc conclure de là que le sel de quinine pénètre dans le protoplasme de l'amibe et se fixe électivement en certains points particuliers du contenu cellulaire. On doit admettre qu'en ces points le sel d'alcaloïde se condense de telle sorte que la concentration du toxique à l'intérieur de la cellule est notablement plus élevée qu'à l'extérieur. Dans la période qui précède la mort, l'affinité des constituants protoplasmiques pour l'alcaloïde semble s'atténuer peu à peu.

En étudiant, en fonction de la concentration de la solution de sulfate de quinine, la vitesse de pénétration, que l'on peut apprécier en déterminant le temps au bout duquel la fluorescence commence à apparaître dans le protoplasme de l'amibe, nous avons trouvé entre la concentration et le temps la relation

$$C^{0,56}.t_1 = k.$$

Nous avons étudié parallèlement l'action toxique du sulfate de quinine sur des amibes de même espèce en déterminant, pour différentes concentrations alcaloïdiques, le temps au bout duquel se produit la mort du protozoaire. Ce moment est caractérisé par l'arrêt des mouvements protoplasmiques et les modifications de structure du noyau observé à l'ultramicroscope. Dans ces conditions, la relation concentration-temps est

$$C.t_2 = k'.$$

Le Tableau ci-dessous indique les résultats obtenus avec des solutions de sulfate de quinine de concentrations comprises entre $M.10^{-6}$ et $M.10^{-3}$.

Concentration des solutions C.	Temps d'apparition de la fluorescence en minutes t_1 (moyennes de 6 expériences).	$C^{0,56}.t_1$.	Temps d'intoxication en minutes t_2 (moyennes de 6 expériences).	$C.t_2$.
$M.10^{-6}$	28,3	0,0127	–	–
$M.10^{-5}.5$	19	0,0124	–	–
$M.10^{-5}.2$	13,5	0,0145	–	–
$M.10^{-5}$	8,83	0,0140	–	–
$M.10^{-4}.5$	6,16	0,0145	233,83	0,0047
$M.10^{-4}.2$	3,58	0,0139	98,83	0,00494
$M.10^{-4}$	2,33	0,0133	48,33	0,00483
$M.10^{-3}.5$	–	–	26,33	0,00529
$M.10^{-3}.2$	–	–	10,33	0,00516
$M.10^{-3}$	–	–	4,25	0,00425

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur le rouge de scatol urinaire.* Note de MM. **Maurice Rangier** et **Pierre de Traverse**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

Depuis les travaux de L. Maillard (1) le mécanisme chimique de la transformation de l'indican urinaire en hémi-indigotine sous l'influence de l'acide chlorhydrique et d'un oxydant léger (chlorate de potassium à 5 pour 1000) est bien établi. La coloration bleue obtenue, qui est soluble dans le chloroforme, est un indice de putréfactions intestinales et son intensité est sensiblement proportionnelle au degré de l'infection. Il n'en est pas de même de la substance soluble dans l'alcool amylique qui prend naissance dans les mêmes conditions et dont on ignore la constitution chimique; elle a reçu, suivant les auteurs, différents noms : rouge de scatol, uroroséine, uromélanine, uroérythrine, purpurine, urohématine.

En effectuant ces deux réactions sur de nombreuses urines nous avons constaté les faits suivants :

1° Il n'y a jamais proportionnalité entre ces deux réactions; certaines urines dépourvues d'indican donnent des colorations rouges intenses dans l'alcool amylique, tandis que des urines riches en indican ne donnent que de faibles teintes rouges.

2° Les urines fortement colorées donnent des réactions rouges très intenses; il y a proportionnalité constante entre la coloration des urines normales et l'intensité de la coloration.

3° Pour effectuer la réaction du rouge de scatol, l'addition d'un oxydant

(1) *Comptes rendus,* 132, 1901, p. 990, et 134, 1902, p. 470.

n'est pas indispensable; elle se produit aussi en chauffant l'urine normale en présence d'acide chlorhydrique au contact de l'air.

Nous nous sommes demandé si la substance rouge n'aurait pas pour origine l'urochrome, pigment jaune des urines normales. C'est ce que l'expérience a vérifié.

Ayant préparé, à l'aide du procédé indiqué par l'un de nous ([2]), de l'urochrome purifié par dialyse, nous avons pu avec ce pigment reproduire la réaction dite du rouge de scatol. L'intensité de la réaction est constamment proportionnelle à la quantité de pigment. D'autre part, l'urine normale, qui présente toujours la réaction rouge, débarrassée de son pigment jaune par le charbon, ou le sous-acétate de plomb, ne donne plus la réaction.

Le colorant rouge résulte donc de l'action de l'acide chlorhydrique sur l'urochrome, en présence de l'oxygène de l'air ou d'un oxydant léger.

L'urochrome est un polypeptide soufré, sur la nature duquel nous n'avons que des données peu précises. Nous pensons cependant que la substance rouge prend naissance par un mécanisme d'hydrolyse et d'oxydation, car elle ne contient pas de soufre comme le produit initial.

En résumé, en partant de l'urochrome, nous avons pu préparer le colorant appelé rouge de scatol. On ne saurait, de la réaction qui lui donne naissance avec l'urine, faire un indice de putréfactions intestinales analogue à l'indican.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination de la constante de sédimentation de l'hémolysine.* Note ([1]) de M. **Mladen Paić**, présentée par M. Marcel Delépine.

La constante de sédimentation s d'un anticorps sérique peut être déterminée à l'aide de la relation

$$s = s' \frac{T'}{T} \varphi,$$

valable pour l'ultracentrifugation de mélanges à une vitesse de rotation donnée ([2]). Il suffit de fixer, en fonction du temps, la diminution de la concentration relative c_T/c_0 de l'anticorps et celle, c'_T/c'_0, d'un composant du sérum, tel que la globuline ou l'albumine, dont la constante de sédimentation s' est connue. T et T' sont alors les temps de centrifugation pour

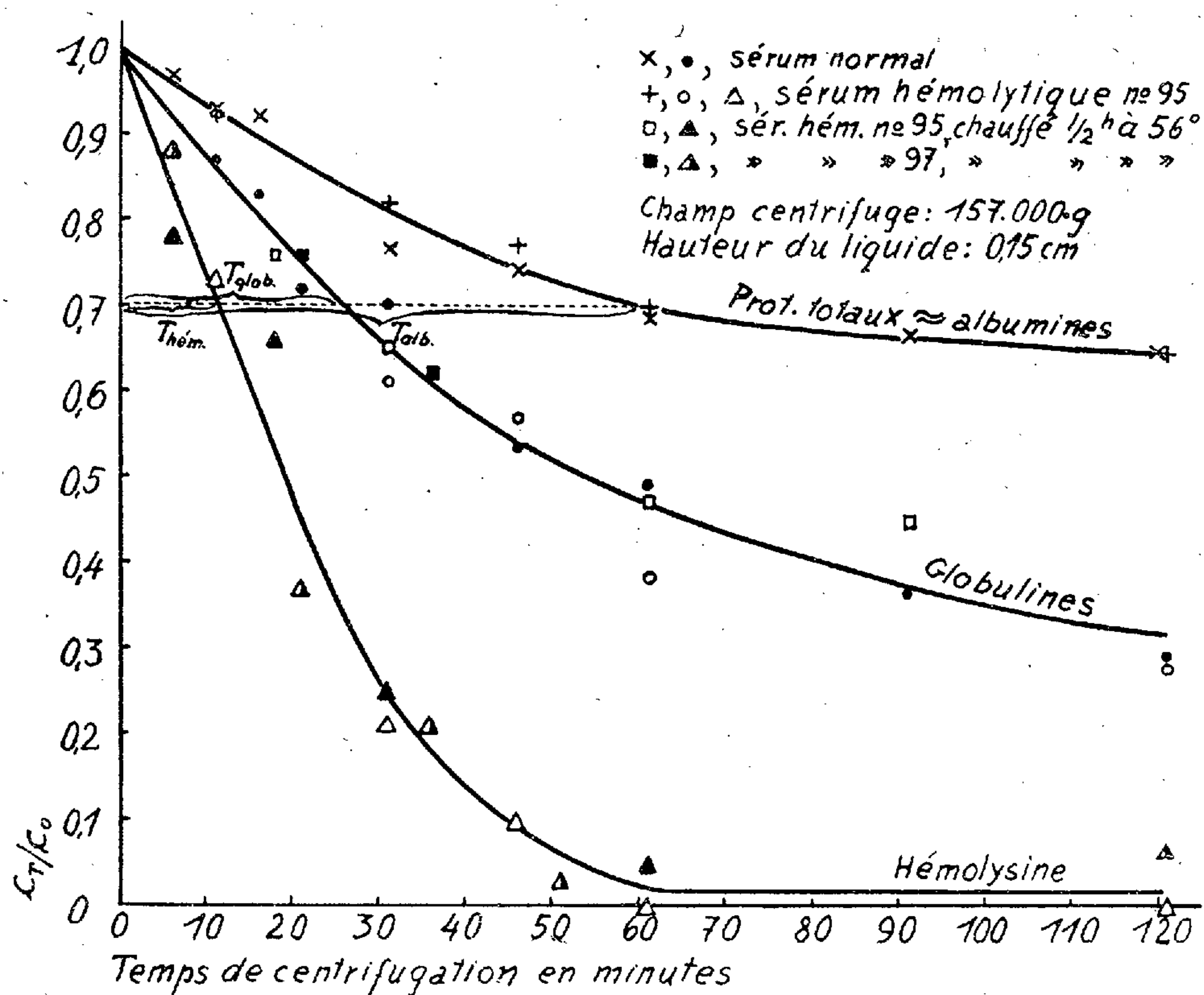
([2]) M. Rangier, *Journal de pharm. et de chimie*, **22**, 1935, p. 357.

([1]) Séance du 21 novembre 1938.

([2]) M. Paić, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 629.

lesquels $c_T/c_0 = c'_T/c'_0$. Si l'on admet que les anticorps soient des protéides, le facteur φ se rapproche de l'unité et peut être négligé.

Nous avons déterminé de cette manière la constante de sédimentation de l'hémolysine spécifique de lapin anti-mouton. La préparation du sérum hémolytique et les conditions d'ultracentrifugation ont été celles décrites par Paić et Chorokhoff ([3]). L'hémolysine et les globulines ont été dosées



opacimétriquement ([4]). Quant aux albumines, leur concentration dans les sérums *non* inactivés a été supposée approximativement égale à celle des protéides totaux ([5]), dosés réfractométriquement ([6]). Tous les dosages ont été faits par Mme Marie Chorokhoff.

([3]) *C. R. Soc. biol.*, **126**, 1937, p. 877.

([4]) M. Paić et M. Chorokhoff, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **20**, 1938, p. 947; M. Paić et V. Deutsch, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **20**, 1938, p. 1112.

([5]) Cf. A. S. Mc Farlane, *Biochem. J.*, **29**, 1935, p. 407, 660 et 1175.

([6]) M. Paić et V. Deutsch, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1306; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **20**, 1938, p. 1108.

Les courbes de sédimentation sont représentées sur la figure. Elles correspondent à plusieurs sérums hémolytiques, inactivés ou non, et à un sérum normal. On voit, d'une part, que l'inactivation n'influence ni la sédimentation de l'hémolysine, ni celle des globulines et que les albumines et les globulines du sérum normal sédimentent comme ceux des sérums hémolytiques. D'autre part, on remarque que les courbes sont anormales pour les temps de centrifugation supérieurs à 40 minutes environ. La sédimentation est alors fortement ralentie. Ce ralentissement est très vraisemblablement dû, d'une part à l'augmentation considérable de la viscosité et de la concentration dans les couches périphériques du sérum, pendant l'ultracentrifugation et, d'autre part, à la protection insuffisante du dépôt par le papier filtre. Les données numériques, déduites des parties normales des courbes, c'est-à-dire entre 0 et 40 minutes, sont réunies dans le tableau suivant :

c_T/c_0.	$T_{hém}$.	T_{glob}.	T_{alb}.	$T_{glob}/T_{hém}$.	$T_{alb}/T_{hém}$.
0,90....	3,7	8	15	2,2	4,1
0,80....	7,2	17	33	2,4	4,6
0,70....	11,3	26	60	2,3	5,3
0,60....	15,0	37	–	2,4	–

En introduisant dans l'équation citée les rapports des temps de centrifugation obtenus et les constantes de sédimentation correspondantes des globulines ($7,1.10^{-13}$) ou des albumines ($4,5.10^{-13}$) [7], on obtient, pour la constante de sédimentation de l'hémolysine, $16,3.10^{-13}$ et 21.10^{-13}, en moyenne $18,9.10^{-13}$ cm.sec^{-1} dynes^{-1}. Cette valeur est très voisine de celle trouvée, à l'aide d'ultracentrifugeuses à système d'observation, pour l'anticorps antipneumococcique de cheval, de porc, de vache et de singe ($s = 18,0.10^{-13}$, M = 930000) [8].

A 15h55m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h20m.

E. P.

---

(7) P. von Mutzenbecher, *Biochem. Z.*, 266, 1933, p. 226 et 250.

(8) E. A. Kabat et K. O. Pedersen, *Science*, 87, 1938, p. 372; M. Heidelberger et K. O. Pedersen, *J. exp. Med.*, 65, 1937, p. 393; J. Biscoe, F. Herčik et W. G. Wyckoff, *Science*, 83, 1936, p. 602.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 DÉCEMBRE 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL, PUIS DE M. AIMÉ COTTON.

RENOUVELLEMENT ANNUEL
DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **Georges Perrier** est élu Vice-Président pour l'année 1939 par l'unanimité des suffrages exprimés.

MM. **Louis Bouvier** et **Robert Bourgeois**, par la majorité absolue, sont réélus membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau un volume intitulé *Jubilé scientifique de* M. Charles Fabry célébré à la Sorbonne le 3 décembre 1937.

MAGNÉTISME. — *Influence de l'eau sur les valeurs des constantes magnétiques des terres rares*. Note de M. **Blas Cabrera**.

L'intérêt d'une détermination précise des constantes magnétiques des terres rares, dont les valeurs sont prévues par la théorie ondulatoire du magnétisme, est bien connu. La coïncidence des valeurs prévues par la théorie et des résultats expérimentaux a été présentée comme argument de son exactitude incontestable. Personne n'a nié une certaine discor-

dance, mais on a cru généralement qu'elle pouvait être expliquée par les incertitudes qui proviennent des difficultés de purification de ces cations.

La longue série d'expériences que nous avons faites avec des sels de ces cations, pendant une douzaine d'années, en utilisant des corps préparés par Auër, Prandtl et Urbain, n'a pu que nous confirmer dans l'idée que la difficulté de la séparation des cations de cette famille n'est pas le plus grave inconvénient qui peut s'opposer à obtenir les vraies valeurs de χ. De ce point de vue, l'effet produit par les quantités d'eau qui accompagnent d'une manière ou d'une autre les corps étudiés, est beaucoup plus gênant.

Nous avons eu conscience pour la première fois de l'importance de cette cause d'erreur dans l'étude de différents exemplaires de Sm^2O^3, dont quelques-uns avaient été analysés spectrographiquement et qui ont été enfermés dans des petits tubes de verre où l'on a fait auparavant le vide au millimètre de mercure près. Ces échantillons, étudiés entre la température ambiante et 300° C., ont donné des courbes bien parallèles mais assez différentes relativement aux valeurs absolues des χ. La détermination de l'eau contenue dans chaque échantillon par dessèchement à 700° C., en faisant la pesée avant et après cette opération, nous a donné

Oxyde d'Urbain	0,0765 g	d'eau par gramme
» de Prandtl I	0,0574	» »
» » II	0,0304	» »

Une fois faites les corrections correspondantes, les trois courbes coïncident presque et la petite différence résiduelle doit être attribuée à une erreur qui ne dépasse pas les 5/100e des quantités précédentes. La courbe moyenne du faisceau étroit obtenu vient se disposer presque dans le prolongement de la courbe qui représente les mesures de E. C. Wiersma et B. H. Schultz ([1]) pour un échantillon de l'oxyde d'Urbain, si nous admettons qu'il contenait jusqu'à 0g,213 d'eau par gramme d'oxyde. La courbe complète a la forme théorique obtenue par Mlle Franck ([2]), mais le minimum de χ se produit aux environs de 330°K., ce qui conduit à $\sigma = 35,07$ au lieu de $\sigma = 33$ ou 34 qu'indique la théorie des spectres.

De plus, dans notre longue série d'expériences sur les cations des terres rares à l'état d'oxydes et de sulfates, nous avons toujours obtenu des

---

([1]) *Comm. K. Onnes Lab.* n° 222 *c. Physica,* 13, 1933, p. 173.

([2]) *Phys. Rev.*, 39, 1932, p. 119.

constantes magnétiques plus petites pour les oxydes que pour les sulfates, même quand les oxydes ont été obtenus par simple calcination des sulfates à 1000° C. dans l'air ordinaire. Particulièrement dans ce cas, puisque les impuretés restent les mêmes, on devrait obtenir la même constante pour le cation. Ce qui n'est pas le cas, nous venons de le dire. Il faut ajouter que les Gd^2O^3 et Dy^2O^3 de Prandtl nous ont été fournis par Hilger, de Londres, avec certification de l'analyse spectrographique ; leurs constantes sont aussi petites que pour les autres.

En prenant comme constante magnétique celle de Curie, les valeurs du rapport de C déduite de l'oxyde à celle du sulfate octohydraté sont :

Cation c.	Gd^{+++}.		Dy^{+++}.			Ho^{+++}.	Ep^{+++}.
	Prandtl.	Urbain.	Prandtl.	Urbain.	Auër.	Auër.	Auër.
$\frac{C_c \text{ de l'oxyde}}{C_c \text{ du sulfate}}$ ...	1−0,0307	1−0,0019	1−0,031	1−0,0022	1−0,0060	1−0,0162	1−0,9187

La fraction retranchée de l'unité représente aussi le pourcentage de l'eau que contient l'oxyde, dans l'hypothèse où le sulfate correspondant a exactement la formule théorique $M^2(SO^4)^3, 8H^2O$. J'ai prié mes anciens collaborateurs, MM. Velayos et Menendez à Madrid, de faire les expériences nécessaires pour confirmer l'hypothèse. A cette fin on a chauffé dans une étuve électrique à une température supérieure à 500° C. et pendant 3 heures, une masse de Gd^2O^3 de Prandtl un peu inférieure à $0^g,1$.

On coupe le courant de chauffage et, une fois la substance refroidie, on la transporte à la balance et l'on fait une série de pesées à des intervalles de temps connus. Pour deux expériences indépendantes les graphiques d'augmentations de poids ont été sensiblement linéaires et permettent par extrapolation de déterminer le poids de l'oxyde bien sec. Les masses de Gd^2O^3 correspondant à ces deux expériences ont été $0^g,161058$ et $0^g,106165$ et les masses d'eau respectivement perdues, $4^{mg},907$ et $3^{mg},799$, de sorte que les pourcentages sont 3,05 et 3,58 pour 100. On doit ajouter que 10 heures après le desséchement l'oxyde a récupéré un tiers de l'eau primitive. On reconnaît, par comparaison avec le tableau précédent, l'exactitude de l'interprétation de la valeur trop basse de $C_{Gd^{+++}}$ pour l'oxyde.

Dans le cas du Dy^2O^3 l'expérience a été faite avec $0,08385^g$ de l'oxyde de Prandtl avec la même technique, mais dans ce cas la récupération de l'eau suit une loi nettement exponentielle qui indique qu'on s'approche plus rapidement de l'état d'équilibre, qui était le cas de Gd^2O^3. On obtient,

pour la masse d'eau que contient primitivement l'oxyde, $0^{mg},778$, correspondant à un pourcentage de 0,93 pour 100, quantité certainement plus grande que celle déduite de la comparaison des C_c, donnée dans le tableau précédent. Avec une telle proportion d'eau on obtient pour la constante de Curie

$$C_{Dy^{+++}} = 13,980.$$

On a trouvé l'explication de la valeur plus petite du tableau en remarquant que la valeur de $C_{Dy^{+++}}$, déduite du sulfate octahydraté avec un certain nombre de tubes fermés à la lampe, est toujours inférieure à celle déduite des expériences faites avec des tubes ouverts. La moyenne des premiers est 13,839, tandis que pour les seconds elle est 13,939. Cette différence peut s'interpréter si nous admettons que les tubes fermés contiennent de l'eau et non les tubes ouverts. La raison du desséchage de ceux-ci est l'évaporation de l'eau contenue dans le sel qui est dans un espace vide et se dessèche de façon pratiquement parfaite. Trois analyses indépendantes de l'eau du sel $Dy^2(SO^4)^3, 8H^2O$ d'Auër utilisé ont donné une moyenne de $8,21 \pm 0,03\,H^2O$, dont l'excès sur les 8 molécules théoriques ne s'écarte pas beaucoup de $0,27\,H^2O$, qui interprète la différence entre les tubes que nous avons signalée. La constante de Curie, corrigée par suite de l'excès d'eau trouvé, est 13,918, contre la valeur 13,939 que donnent les tubes ouverts.

Il est intéressant de signaler que les corrections des valeurs de C_c qui se sont introduites pour les cations des terres rares améliorent l'accord avec les valeurs théoriques; mais, pour arriver à la concordance, il faudrait admettre l'existence de masses d'eau excessivement grandes.

M. **Ch. Fabry** fait hommage à l'Académie d'un volume, publié à l'occasion de son Jubilé scientifique, contenant ses *Œuvres choisies*.

Il saisit cette occasion pour renouveler ses remercîments à ses amis qui ont bien voulu s'associer à la célébration de son Jubilé, à la Caisse nationale de la Recherche scientifique qui a contribué aux frais de la publication, enfin à la Maison Gauthier-Villars qui a su faire de ce volume un chef-d'œuvre typographique.

M. **G. Perrier** fait hommage à l'Académie du *Compte rendu*, publié par lui-même et par M. P. Tardi, Secrétaire-adjoint, de l'*Assemblée générale* du 21 décembre 1937 du *Comité national français de Géodésie et Géophysique*.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages M. **Edmond Rothé** est élu Correspondant pour la Section d'Astronomie en remplacement de M. *P. Stroobant* décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Claude Gaillard. *Contribution à l'étude des Oiseaux fossiles.*

M. **Hussame Mokademe** et la **Société pour la fondation de l'Institut Nikola Tesla** adressent l'expression de leurs sentiments de condoléances à l'occasion du décès de M. *André Blondel.*

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats :

1° à la place de membre titulaire du *Bureau des Longitudes* vacante par le décès de M. *Ch. Lallemand*

(Renvoi à la Division des Sciences mathématiques).

2° à la Chaire d'*Aérolocomotion mécanique et biologique* déclarée vacante au *Collège de France* .

(Renvoi aux Sections de Mécanique et d'Anatomie et Zoologie);

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème de Lagrange concernant l'argument d'un polynome trigonométrique.* Note (¹) de M. **Börge Jessen**, présentée par M. Gaston Julia.

Soit $\mathcal{F}(t) = \sum_{1}^{\mathfrak{N}} a_n e^{i\lambda_n t}$ un polynome trigonométrique, désignons par $\theta(t)$ une branche continue de l'argument de $\mathcal{F}(t)$. La recherche des pertur-

(¹) Séance du 28 novembre 1938.

bations des planètes conduit, d'après Lagrange, à une recherche de cet argument. Si $\mathcal{F}(t)$ contient un terme prépondérant il est bien évident que

$$\theta(t) = ct + O(1), \tag{1}$$

c étant l'exposant de ce terme. Lagrange a posé ([2]) le problème de rechercher la nature de $\theta(t)$ également dans le cas général. Dans ce cas il peut arriver que $|\mathcal{F}(t)|$ atteigne des valeurs arbitrairement petites ou même que $\mathcal{F}(t)$ ait des zéros; en passant un zéro d'ordre impair il faut naturellement changer le signe du module de $\mathcal{F}(t)$ pour que l'argument puisse rester continu.

Le cas $\mathcal{N} = 3$ a été complètement résolu par Bohr ([3]); dans ce cas on a toujours

$$\theta(t) = ct + o(t), \tag{2}$$

mais le terme $o(t)$ n'est pas en général $O(1)$. Le même résultat a été obtenu par M. Weyl ([4]) dans le cas $\mathcal{N} > 3$ sous la restriction, que les exposants du polynome soient linéairement indépendants. Récemment le problème a été traité par MM. Hartman, van Kampen et Wintner ([5]); leur méthode montre en particulier que, si les exposants et les modules des coefficients sont donnés, la formule (2) est vraie pour presque toutes les valeurs des arguments des coefficients. A propos de cette étude, M. Weyl ([6]) a obtenu dans le cas des exposants linéairement indépendants une expression simple de la constante c, qui, dans le cas $\mathcal{N} = 3$, se réduit à la valeur déjà donnée par Bohr.

Remarquons aussi que, si $|\mathcal{F}(t)|$ n'atteint pas des valeurs arbitrairement petites, la formule (1) est toujours valable, même s'il n'y a pas de terme prépondérant. Cela résulte d'un théorème de M. Bohr ([7]) sur les fonctions presque périodiques. Un résultat sur la valeur de c dans ce cas a été indiqué récemment par M. Bohr et l'auteur ([8]).

Le but de cette Note est de montrer que *la formule* (2) *est vraie sans*

([2]) *Œuvres*, 5, p. 285.

([3]) *Journal für Mathematik*, 135, 1909, p. 189.

([4]) *L'Enseignement mathématique*, 16, 1914, p. 455.

([5]) *American Journal of Mathematics*, 59, 1937, p. 261.

([6]) *American Journal of Mathematics*, 60, 1938, p. 889.

([7]) *Danske Videnskabernes Selskab, Math.-fys. Meddelelser*, 10, n° 10, 1930.

([8]) Voir la conférence faite par M. Bohr au *IXe Congrès des mathématiciens scandinaves à Helsingfors*, 1938 (sous presse).

restrictions, c'est-à-dire vraie pour tout polynome $\mathcal{F}(t)=\sum_1^{\mathfrak{N}} a_n e^{i\lambda_n t}$. La démonstration repose sur une étude de la distribution des zéros du polynome exponentiel $f(s)=\sum_1^{\mathfrak{N}} a_n e^{\lambda_n s}$ de la variable complexe $s=\sigma+it$, qui, sur l'axe imaginaire, se réduit au polynome considéré $\mathcal{F}(t)$.

Soit $f(s)\sim\sum a_n e^{\lambda_n s}$ une fonction presque périodique analytique dans la bande $\alpha<\sigma<\beta$; pour le moment nous ne supposerons pas que $f(s)$ soit un polynome. D'après un théorème de l'auteur ([9]), la valeur moyenne

$$\varphi(\sigma)=\lim_{(\delta-\gamma)\to\infty}\frac{1}{\delta-\gamma}\int_\gamma^\delta \log|f(\sigma+it)|\,dt$$

existe pour tout σ dans l'intervalle $\alpha<\sigma<\beta$ et $\varphi(\sigma)$ est une fonction convexe continue de σ; elle est donc dérivable sauf dans un ensemble fini ou dénombrable où elle admet une dérivée à gauche et une dérivée à droite. De plus, si l'on désigne par $\mathfrak{N}(\sigma_1, \sigma_2; \gamma, \delta)$ le nombre des zéros de $f(s)$ dans le rectangle $(\alpha<)\,\sigma_1<\sigma<\sigma_2(<\beta)$, $\gamma<t<\delta$, la limite

$$(3)\qquad \mathcal{H}(\sigma_1, \sigma_2)=\lim_{(\delta-\gamma)\to\infty}\frac{\mathfrak{N}(\sigma_1, \sigma_2; \gamma, \delta)}{\delta-\gamma}$$

existe toujours, si $\varphi(\sigma)$ est dérivable aux points σ_1 et σ_2; on a alors

$$(4)\qquad \mathcal{H}(\sigma_1, \sigma_2)=\frac{1}{2\pi}[\varphi'(\sigma_2)-\varphi'(\sigma_1)].$$

Si $\varphi(\sigma)$ n'est pas dérivable aux points σ_1 et σ_2 il peut arriver que la limite (3) n'existe pas.

La démonstration de la formule (2) repose essentiellement sur la démonstration du fait que, dans le cas d'un polynome $f(s)=\sum_1^{\mathfrak{N}} a_n e^{\lambda_n s}$, *la limite* (3) *existe toujours*. Elle est représentée par la formule

$$\mathcal{H}(\sigma_1, \sigma_2)=\frac{1}{2\pi}[\varphi'(\sigma_2-0)-\varphi'(\sigma_1+0)].$$

Pour la constante c on trouve la valeur

$$c=\frac{\varphi'(-0)+\varphi'(+0)}{2}.$$

([9]) *Mathematische Annalen*, **108**, 1933, p. 485.

Dans le cas particulier où $\varphi(\sigma)$ est dérivable au point $\sigma = 0$, cette formule se réduit à $c = \varphi'(0)$. Dans ce cas la démonstration est facile. Il résulte sans difficulté des résultats connus sur la distribution des valeurs de fonctions presque périodiques, que ce cas a lieu quand $\mathfrak{N} \geqq 3$ et les exposants sont linéairement indépendants. Remarquons enfin qu'il existe des fonctions analytiques presque périodiques $\mathcal{F}(t) \sim \sum a_n e^{i\lambda_n t}$ pour lesquelles la formule (2) n'est pas valable.

Une exposition détaillée sera donnée en collaboration avec M. Tornehave dans un autre Recueil.

CINÉMATIQUE. — *Sur une classe de mécanismes à deux degrés de liberté.* Note de M. **Léon Beschkine**, présentée par M. Jean Chazy.

Considérons l'ensemble cinématique formé par deux couples de courbes roulantes C_1, C_2 et C_3, C_4. Les deux courbes roulantes C_2 et C_3 sont montées sur le même axe, et peuvent faire un angle variable α entre elles. Le mouvement de C_1 étant donné, le mouvement de C_4 en résulte et se modifie quand l'angle α est changé. Nous cherchons la loi la plus générale du mouvement de C_4 quand, le mouvement de C_1 étant donné (rotation à vitesse uniforme par exemple), on change l'angle α et les profils des courbes roulantes. Soient x_1, x_4 les angles polaires de C_1, C_4. La loi la plus générale du mouvement de C_4 peut être mise sous la forme

$$f(x_1, x_4) = \lambda(\alpha).$$

Par ailleurs, on a

$$x_2 = \psi(x_1), \qquad x_3 = \varphi(x_4), \qquad x_2 - x_3 = \alpha.$$

D'où

$$\psi(x_1) - \varphi(x_4) = \alpha \qquad \text{et} \qquad f(x_1, x_4) \equiv \lambda[\psi(x_1) - \varphi(x_4)].$$

D'où

$$\frac{\partial f}{\partial x_1} : \frac{\partial f}{\partial x_4} = -\frac{\psi'}{\varphi'}.$$

La loi la plus générale à un paramètre que l'on puisse imposer entre x_1 et x_4 est que le rapport des dérivées partielles de ce paramètre par rapport à x_1 et x_4 doit être égal au rapport de deux fonctions, l'une de x_1 et l'autre de x_4.

Application au changement de vitesses progressif et homocinétique. —

Posons

$$f(x_1, x_4) = \frac{x_4}{x_1} = \lambda.$$

On a

$$\frac{\psi'}{\varphi'} = \frac{x_4}{x_1}, \qquad \frac{\partial x_2}{\partial x_1} = \psi'(x_1) = \frac{a}{x_1}, \qquad \frac{\partial x_3}{\partial x_4} = \varphi'(x_4) = \frac{a}{x_4};$$

$$x_2 = \psi(x_1) = a \operatorname{Log} \frac{x_1}{b_1}, \qquad x_3 = \varphi(x_4) = a \operatorname{Log} \frac{x_4}{b_4}.$$

Les courbes roulantes sont alors définies par leurs rayons polaires

$$\rho_1 = d\frac{a}{x_1 + a}, \qquad \rho_2 = d\frac{b_1 e^{\frac{x_2}{a}}}{a + b_1 e^{\frac{x_2}{a}}}$$

(d, distance des centres), avec des formules analogues pour ρ_3 et ρ_4. En prenant une origine convenable, les courbes C_1 et C_4 apparaissent comme des fragments de spirales $\rho . x = \text{const}$.

Pour réaliser effectivement le changement de vitesses progressif, on se sert d'arcs capables d'angles inférieurs à 2π et l'on relie les extrémités de ces arcs par des courbes roulantes de retour (quelconques). Si par exemple C_1 est invariablement lié au moteur, et C_4 lié à la transmission par un mécanisme agissant à des moments ou à des états convenables (embrayage, roue libre, etc.), l'arbre portant C_4 reçoit périodiquement des mouvements uniformes. En utilisant plusieurs mécanismes identiques, on communique à l'arbre portant C_4 une vitesse de rotation constante d'une façon continue. Une combinaison épicycloïdale permet d'assurer l'arrêt et la marche arrière de la transmission.

ÉLECTRICITÉ. — *Champ axial dans le tube-support du collecteur d'un générateur de haute tension, utilisant un aérosol électrisé pour le transport des charges.* Note [1] de M. **Jean Virgitti**, présentée par M. Aimé Cotton.

Soit un tube-support de rayon r, de longueur l, surmonté d'un collecteur que nous supposerons sphérique et de rayon R. Soit encore $\rho = f(\zeta)$ la densité cubique électrique de l'aérosol contenu dans le tube.

---

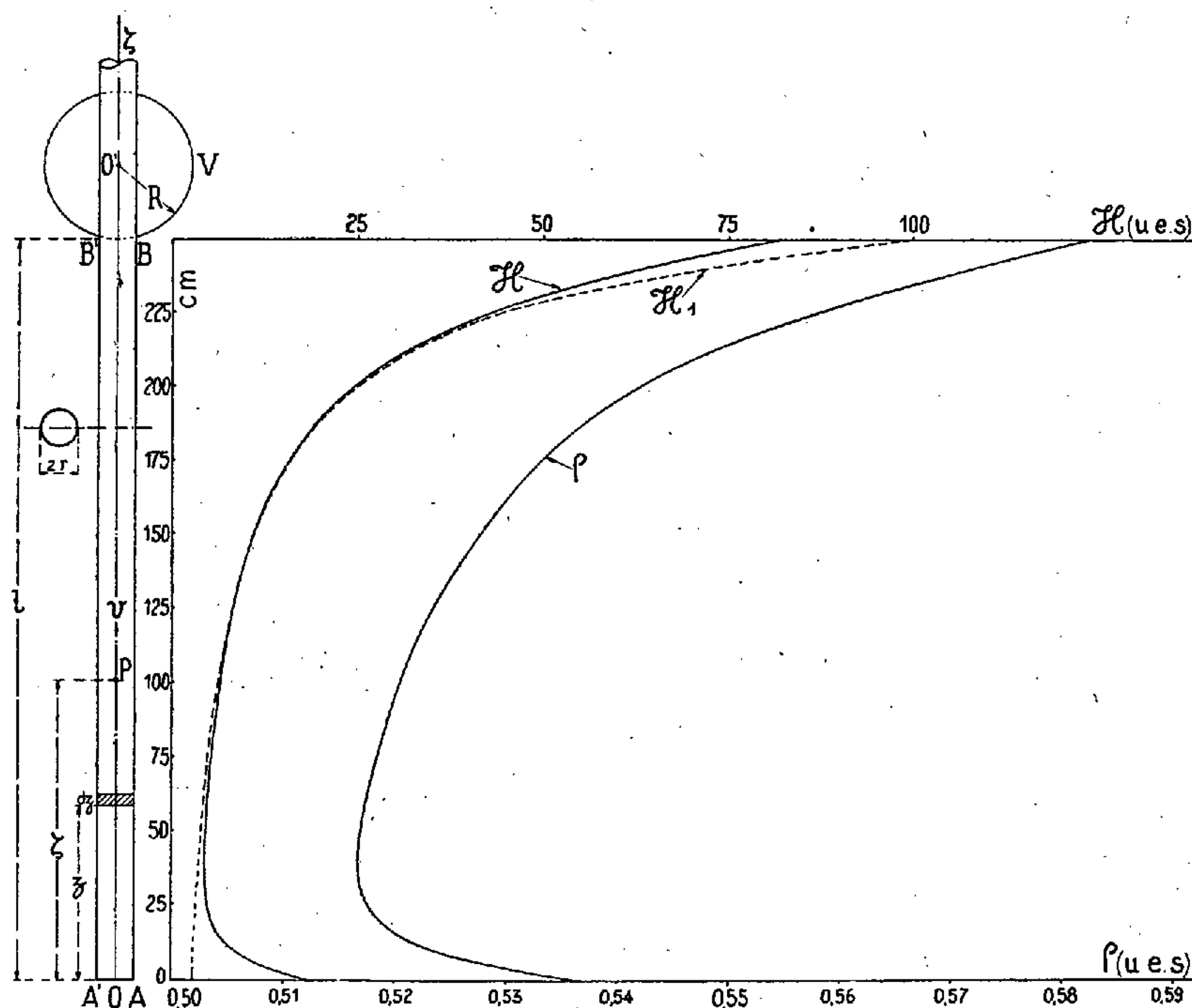
[1] Séance du 21 novembre 1938.

Le champ résultant sur l'axe de ce tube est, en posant

$$\mathcal{F}(\zeta, z) = 1 - \frac{|\zeta - z|}{\sqrt{r^2 + (\zeta - z)^2}} :$$

$$(1) \qquad \mathcal{H} = -\frac{VR}{(R + l - \zeta)^2} + 2\pi \left\{ \int_0^\zeta \rho \mathcal{F}(\zeta, z)\, dz - \int_\zeta^l \rho \mathcal{F}(\zeta, z)\, dz \right\}.$$

En négligeant le poids et l'inertie de la particule et en notant que la



charge d'une particule de rayon a (²) est $\lambda E a^2$, on a

$$(2) \qquad \frac{1}{2} K\pi\mu a^2 (u - v)^2 + \lambda E a^2 \mathcal{H} = 0, \qquad (3) \qquad \rho = \rho_0 \frac{u}{v}.$$

u, vitesse d'écoulement du fluide; v, vitesse de la particule; μ, masse spécifique du fluide; K, coefficient de forme; ρ_0, densité cubique électrique de l'aérosol dans l'ioniseur.

$\rho = f(\zeta)$ sera la solution de l'équation intégrale suivante tirée des équa-

---

(²) M. PAUTHENIER, M. MOREAU-HANOT et R. GUILLIEN, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 213.

tions (2) et (3) :

$$(4)\quad \left(\frac{\rho-\rho_0}{\rho}\right)^2 = \frac{2\,\mathrm{VR}\lambda\mathrm{E}}{\mathrm{K}\pi\mu u^2(\mathrm{R}+l-\zeta)^2} - \frac{4\lambda\mathrm{E}}{\mathrm{K}\mu u^2}\left\{\int_0^\zeta \rho\,\mathcal{F}(\zeta,z)\,dz - \int_\zeta^l \rho\,\mathcal{F}(\zeta,z)\,dz\right\}.$$

Cette équation est indépendante du rayon de la particule dans la limite des approximations faites. Des équations (1) et (4) on tire enfin

$$(5)\qquad |\mathcal{H}| = \frac{\mathrm{K}\pi\mu u^2}{2\lambda\mathrm{E}}\left(\frac{\rho-\rho_0}{\rho}\right)^2.$$

Avec les valeurs usuelles $V/R = 10^2$ U. E. S. (champ limite dans l'air), $\lambda = 2$, $\mu = 1,3.10^{-3}$ C. G. S., $E = 10$ U. E. S., $\rho_0 = 5.10^{-1}$ U. E. S., $K = 4.10^{-1}$ et $R = 50^{cm}$, $l = 250^{cm}$, $u = 10^4$ cm : sec. On trouve.

ζ (cm).........	0.	25.	50.	75.	100.	125.	150.	175.	200.	225.	250.
ρ_2 U. E. S.....	0,536	0,517	0,517	0,518	0,520	0,523	0,527	0,533	0,542	0,557	0,582
$\mathcal{H}_1$ U. E. S.....	2,77	3,31	4	4,95	6,25	8,20	11,10	16	25	44,5	100
$\mathcal{H}_2$ U. E. S.....	18,90	4,67	4,40	5,2	6,33	8,22	11,12	15,70	24,5	43,5	82

Les courbes de la figure ci-contre représentent respectivement $\mathcal{H}_1$ (champ créé par la sphère), ρ_2 et $\mathcal{H}_2$ (densité et champ résultants sur l'axe du tube) en fonction de ζ.

Le champ résultant est maximum au voisinage de la sphère ($\zeta = l$); pour un appareil donné le maximum maximorum de ce champ est

$$(6)\qquad |\mathcal{H}_{\max}| = \left(\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{R}}\right)_a - 2\pi\left(l + r - \sqrt{l^2+r^2}\right)\rho_0,$$

$(V/R)_a$ champ limite dans l'atmosphère où est placée la sphère.

Le champ maximum est donc toujours inférieur au champ limite dans le milieu où est placée la sphère collectrice (dans l'air dans le cas présent). Cela explique ce que l'on a observé sur divers générateurs en service, savoir que les décharges de la sphère n'ont jamais lieu à l'intérieur du tube. On utilisera toutes les possibilités de l'appareil en plaçant la sphère dans une atmosphère où le champ limite est plus grand que dans le fluide sustentateur de l'aérosol; le potentiel de la sphère passera de V (dans l'air) à θV. La valeur de θ, pour laquelle le champ maximum dans le tube ne dépassera pas le champ limite dans le fluide contenu dans le tube est

$$(7)\qquad \theta = 1 + 2\pi\left(l + r - \sqrt{l^2+r^2}\right)\rho_0 \times \left(\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{R}}\right)_t^{-1},$$

$(V/R)_t$ champ limite dans le fluide contenu dans le tube.

Par exemple, dans le cas étudié où le fluide employé est de l'air $(V/R)_l = 10^2$ U. E. S., on trouve $\theta = 1,155$. Le potentiel de la sphère subirait donc une augmentation de 16 pour 100 environ.

Le potentiel que pourrait atteindre la sphère serait ensuite limité uniquement par les décharges qui se produiraient à l'intérieur de l'appareil.

Pour réduire ces décharges afin d'élever le potentiel de la sphère jusqu'au potentiel limite dans l'atmosphère qui l'entoure, deux solutions sont possibles : soit augmenter le champ limite dans le tube en remplaçant l'air par un fluide convenable; soit diminuer le champ maximum dans le tube en prenant un collecteur de forme appropriée [3].

La seconde de ces deux solutions est préférable à la première, parce qu'elle est plus facile à réaliser tout en présentant des possibilités au moins équivalentes.

Dans ce dernier cas, il sera intéressant de donner la forme d'une surface équipotentielle à l'enceinte dans laquelle se trouvera placé le collecteur.

MAGNÉTISME. — *Sur une détermination possible de la topographie des champs magnétiques faibles et hétérogènes.* Note [1] de MM. **Wilfried Heller** et **Jacques Rabinovitch**, présentée par M. Aimé Cotton.

Pour obtenir la topographie d'un champ magnétique hétérogène, il est commode de disposer d'un instrument de mesures aussi petit que possible, tel que, dans le volume où il est mesuré, le champ soit pratiquement uniforme. Cette condition est difficilement réalisable surtout quand il s'agit de champs très faibles. Dans ce qui suit, nous indiquerons le principe d'une méthode qui pourra être utilisable dans ce cas.

Cotton et Mouton, dans leur étude sur les propriétés magnéto-optiques des sels d'oxyde de fer [2], mentionnaient une suspension colloïdale qui donnait, dans un champ de 200 gauss et sous une épaisseur de $10^{mm},6$, une biréfringence linéaire de 31 minutes. Cette suspension était obtenue par pulvérisation cathodique de fer dans l'eau. On a depuis perfectionné les modes de préparation et de conservation de pareilles liqueurs et l'on peut

---

(3) Jean Virgitti, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 129.

(1) Séance du 28 novembre 1938.

(2) A. Cotton et H. Mouton, *Ann. Chim. et Phys.*, 11, 1907, p. 145.

envisager désormais une application pratique des effets remarquablement grands qu'elles donnent.

Nous nous sommes servis d'une solution colloïdale que l'on trouve dans le commerce sous le nom d'électroferrol. Très stable (l'échantillon, en notre possession depuis plus de 10 ans, n'a présenté aucune trace de sédimentation), l'électroferrol donne un effet pratiquement invariable et 18 fois plus grand que la solution colloïdale étudiée par Cotton et Mouton. Sous une épaisseur de $4^{mm},75$ un champ de 200 gauss (champ rémanent au centre d'un électroaimant) provoque une biréfringence β de $4^{\circ}12'$ (pour $\lambda = 650^{m\mu}$); en plaçant la cuve en dehors de l'entrefer, on observe à 2^{cm} du centre un effet de $1^{\circ}57'$ et à 7^{cm} un effet de $37'$. La variation de la biréfringence magnétique en fonction du champ (*fig.* 1) est représentée par une courbe dont la portion entre 0 et 200 gauss peut être, en première approximation, considérée comme rectiligne ([3]); pour 200 gauss, l'effet atteint 58 pour 100 de l'effet de saturation.

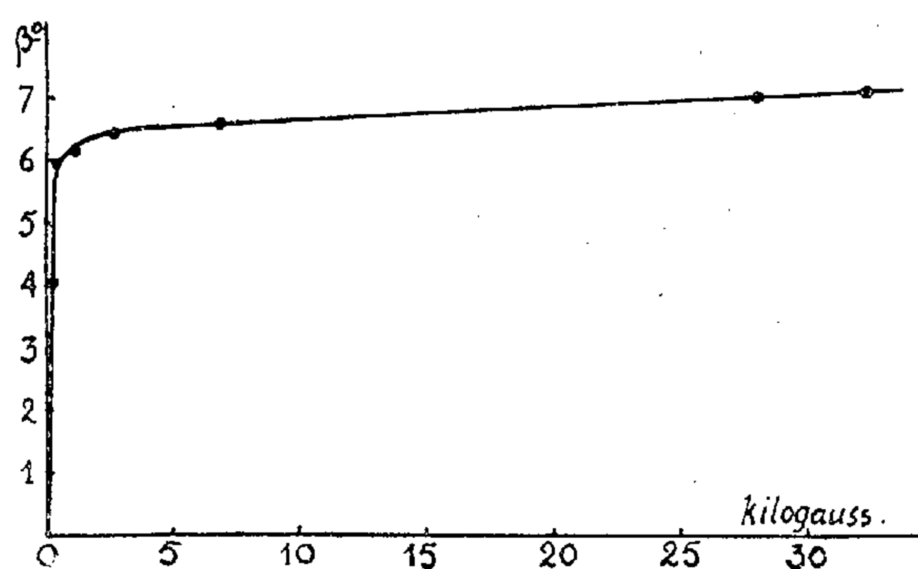


Fig. 1.

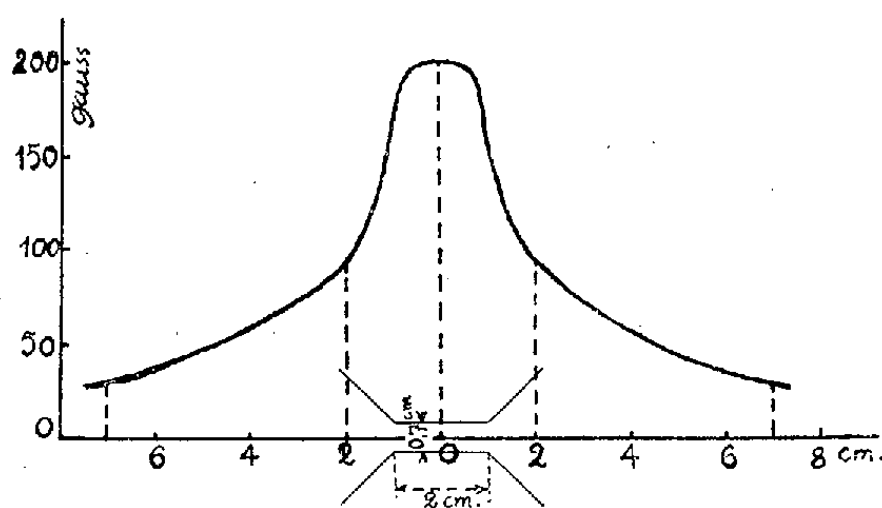


Fig. 2.

La figure 2 donne un exemple d'étude topographique d'un champ magnétique. Elle représente la variation de l'intensité du champ rémanent d'un électroaimant dans un plan de symétrie normal au flux. Étant donné que l'on peut mesurer des biréfringences de l'ordre de 2 minutes, il paraît possible d'explorer avec l'électroferrol un champ hétérogène jusqu'à une valeur limite de 3 à 5 gauss. Avec une cuve exploratrice plus mince

([3]) Dans les mesures de précision, il est indispensable d'avoir une courbe d'étalonnage plus exacte; on pourra la dresser en mesurant les effets dans les champs faibles créés entre deux bobines sans fer coaxiales, champs dont les intensités sont facilement calculables à partir des intensités de courant.

(1^{mm} d'épaisseur) et un faisceau lumineux très étroit (1^{mm^2}), la valeur limite serait de 15 à 25 gauss.

Quoique les solutions colloïdales obtenues par pulvérisation cathodique d'une substance ferromagnétique ([4]) paraissent particulièrement appropriées, elles ne sont pas les seules utilisables. Des expériences antérieures de l'un de nous ont montré que des sols à particules fortement paramagnétiques, comme les systèmes α-FeOOH et α-Fe^2O^3, peuvent aussi donner des effets remarquablement grands dans des champs faibles. Voici les méthodes employées qui ont conduit à des systèmes stables à effets pratiquement constants (après élimination, par sédimentation, d'un certain nombre de grosses particules) :

1° Pulvérisation automatique d'un minerai pendant deux jours dans un mortier d'agate sous un courant d'eau saturée de CO^2; effet du sol résiduel pour $\lambda = 620^{m\mu}$, une épaisseur de $4^{mm},75$ et un champ de 200 gauss : *gœthite* 3°36′; *oligiste* 4°15′.

2° Transformation d'un précipité ordinaire d'oxyde de fer en poudre de α-Fe^2O^3 à 400-600° (comme dans les analyses gravimétriques de fer) et peptisation de la poudre dans une solution aqueuse diluée d'albumine (par agitation prolongée du système mixte) : effet du sol résiduel dans les conditions précitées 2°24′.

Tous ces systèmes présentent des courbes de biréfringence dont le palier de saturation s'amorce pour des champs relativement faibles (5000 gauss et moins). Ils ne sont donc applicables qu'à l'étude des champs variant entre 5 et 1000 gauss. Pour des champs compris entre 1000 et 30000 gauss, on pourra avoir recours aux solutions colloïdales de gœthite préparées par hydrolyse de certaines solutions ferriques vraies ([5]). Après 3 ou 4 ans, ces solutions donnent des effets pratiquement invariables, qui sont de l'ordre de 1° pour 1000 gauss et 15° pour 30000 gauss (avec une cuve de 1^{mm} d'épaisseur). Naturellement, ces dernières solutions ne peuvent être utilisées pour des champs de l'ordre de 200 gauss.

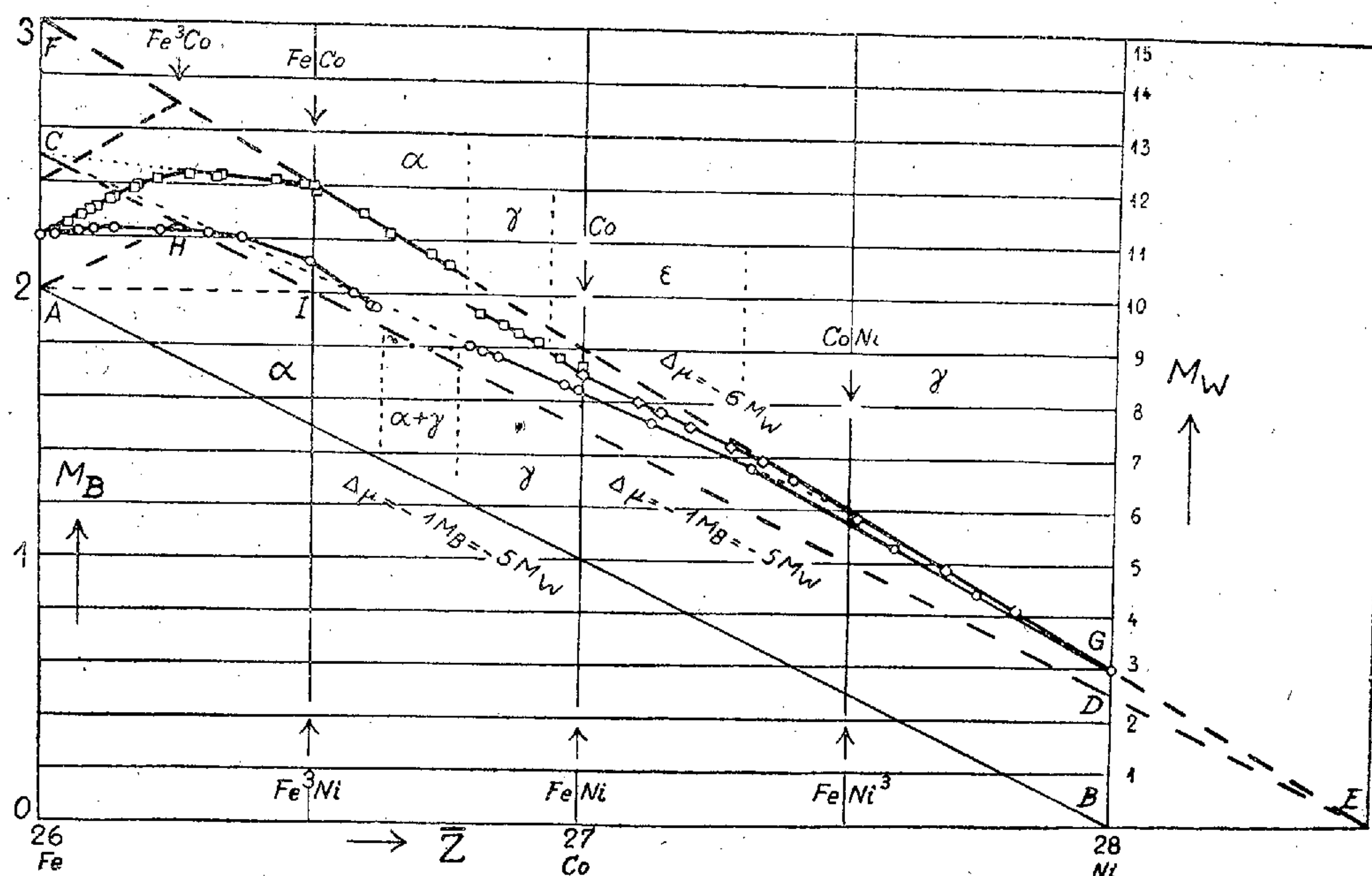
([4]) Voir pour la technique de préparation The Svedberg, *Herstellung Kolloider Lösungen*.

([5]) Elles seront prochainement décrites dans un autre Recueil.

MAGNÉTISME. — *Sur l'activation et la composition du moment élémentaire dans les alliages ferromagnétiques.* Note (¹) de M. **Robert Forrer**, transmise par M. Pierre Weiss.

Dans les ferromagnétiques le moment atomique est attribué en général au spin des électrons solitaires du sous-étage *d* incomplet. Son unité de mesure naturelle est le magnéton de Bohr.

Or ni les moments expérimentaux des éléments, ni leurs différences ne sont des multiples entiers de cette unité. On attribue leurs excès sur le



nombre entier à une activation variable. La discussion suivante nous conduit à une conception différente.

Dans le graphique de la figure sont portés en magnétons de Weiss ($1\,M_W = 1/5\,M_B$) les moments atomiques des alliages Fe — Co, Ni — Co et Fe — Ni en fonction du titre électronique exprimé par le nombre atomique Z. Une droite unique avec la pente $\Delta\mu = -6\,M_W$ provenant de deux séries d'alliages indépendantes des Fe — Co et des Co — Ni constitue *la limite supérieure des moments.*

(¹) Séance du 28 novembre 1938.

Cette droite extrapolée vers l'axe des abscisses donne comme origine virtuelle des moments (point E) un alliage avec $Z = 28,5$.

En admettant une activation constante de $A_d^s = 1/2$ et en attribuant à chaque électron solitaire un moment de $1\,M_B$, dû au spin des électrons, on obtient une ligne HD avec la pente $\Delta\mu = -1\,M_B (= -5\,M_W)$ qui passe extrapolée par le même point E et forme *une limite inférieure* des moments.

Nous supposons donc que les moments atomiques sont tous composés de deux parties :

1° le moment de base, attribué au spin des électrons et mesuré par $1\,M_B$ par électron solitaire, comprend le moment normal et le moment d'activation.

2° le moment supplémentaire, entre les deux limites indiquées plus haut, est variable. Il peut atteindre au maximum la valeur de $1\,M_W$ pour un moment de spin de $1\,M_B$. Le magnéton de Weiss s'impose donc comme unité de mesure du moment supplémentaire et pour celui-ci seulement.

La pente des ferrocobalts au voisinage du fer de signe contraire de celui de la pente générale suggère que le fer lui-même n'est pas activé et qu'à partir du fer l'activation augmente linéairement vers les alliages Fe^3Co et Fe^3Ni.

Il se pose la question de la nature du moment supplémentaire et de la signification du magnéton de Weiss : en extrapolant le moment supplémentaire vers un élément de moment maximum (état d^5) il donne la valeur de $5\,M_W = 1\,M_B$. Cette propriété peut s'exprimer par l'hypothèse que *le sous-étage tout entier a reçu un quantum de moment cinétique*. Le moment supplémentaire serait donc de *nature orbitale* et chaque électron ne recevrait ainsi qu'un cinquième de M_B.

On trouve alors pour un seul électron solitaire le moment limite $1\,M_B + 1\,M_W$ à condition d'admettre la répartition égale, par cinquièmes, d'un quantum de moment cinétique entre les cases occupées par des électrons solitaires ou des doublets. Avec un couplage spin-orbite, le moment orbital se compense dans les doublets comme leur spin.

Les valeurs expérimentales intermédiaires s'obtiendraient par un mélange de moment sans et avec moment orbital. On vérifie que ces moments intermédiaires résultent effectivement de mélanges dans des rapports très simples en relation avec le réseau. La valeur du moment du fer ($\mu = 11\,M_W$) est ainsi la moyenne entre $2\,M_B (= 10\,M_W)$ et $2\,M_{B+W} (= 12\,M_W)$. Les alliages Fe-Ni ne donnent que des moments intermédiaires. Les moments expérimentaux des alliages Fe^3Ni, FeNi et $FeNi^3$ sont 10,55,

8,23 et 5,78M_W. Des mélanges de moments sans et avec orbite dans les rapports 3:1, 1:1 et 1:3 pour ces alliages qui ont les nombres 2, 1,5 et 1 d'électrons solitaires, donnent 10,5, 8,25 et 5,75M_W.

D'autre part on peut déterminer par extrapolation *le moment du fer activé* hypothétique (avec 2,5 électrons solitaires). La ligne des Fe-Co entre 50 et 75 pour 100 avec la pente $\Delta\mu = -6M_W$ donne pour le fer le moment de $15M_W = 2,5M_{B+W}$. C'est le moment attribué au spin + orbite. La ligne des Fe-Co entre 25 et 50 pour 100 Co avec la pente $\Delta\mu = -1M_W$ donne effectivement pour le fer le moment de $12,5M_W = 2,5M_B$, moment de spin seul.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre du rubidium dans l'ultraviolet extrême* (2000 Å-1050 Å). Note de MM. **Raymond Ricard** et **François Valancogne**, présentée par M. Charles Fabry.

Dans la région de Schumann, les données relatives au spectre du rubidium se réduisent à celles qui résultent des observations de Shaver [1], limitées à l'intervalle 2300-1750 Å. Entre 1950 et 1750 Å, cet expérimentateur n'indique d'ailleurs qu'une vingtaine de raies faibles. On est parvenu à une description plus complète et beaucoup plus étendue en ayant recours à la décharge sans électrodes, le tube renfermant la vapeur de rubidium étant associé à un spectrographe à réseau dans le vide permettant d'explorer, au moyen de plaques sensibilisées au salicylate de sodium, la région comprise entre 2500 et 750 Å.

Le métal était préparé, à l'intérieur même du tube à décharge, par décomposition d'une petite quantité d'azide de rubidium N^3Rb. Sur les spectrogrammes, les longueurs d'onde des raies ont été déterminées à partir de repères choisis parmi les diverses raies d'impuretés faciles à identifier (raies du carbone et de l'azote, premières raies de la série de Lyman de l'hydrogène). L'approximation des mesures est voisine de 0,05 Å. Quelques raies intenses et vraisemblablement complexes n'ont pu être résolues en raison de la dispersion relativement faible (17 Å par millimètre). L'accroissement progressif du potentiel de décharge, obtenu en agissant sur le réglage de l'éclateur, s'accompagne de modifications qui, suivant un procédé connu, permettent de répartir les raies observées dans plusieurs

(1) W. W. Shaver, *Trans. Roy. Soc. Canada*, III, 3e série, 18, 1924, p. 23.

groupes sensiblement homogènes, qui correspondent très probablement aux spectres Rb II, Rb III et Rb IV. Les raies d'impuretés se distinguent généralement par une évolution anormale, ce qui permet parfois, notamment pour les nombreuses raies C I, de les distinguer de certaines raies du rubidium qui apparaissent dans leur voisinage immédiat.

Entre 2000 et 1050 Å, une centaine de raies peuvent être attribuées avec sécurité aux divers spectres d'étincelle du rubidium. Leurs longueurs d'onde et leurs intensités relatives sont rassemblées dans le Tableau suivant qui indique également, pour chacune des raies, le groupe dont elle fait partie d'après son évolution à tension croissante.

Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.
6....	1995,19 II	2....	1813,20 II	8....	1491,38 IV
8....	1984,76 III	4....	1810,76 III	10....	1473,54 II
10....	1983,18 II	10*d*...	1809,7 III	4....	1467,00 III
2....	1978,21 III	10....	1806,58 II	9....	1464,94 II
6....	1975,44 II	10....	1803,90 II	3....	1460,22 IV
2....	1973,07 IV	9....	1790,37 II	10....	1457,64 II
10....	1971,37 II	5....	1782,66 II	4....	1445,87 III
10....	1967,90 II	2....	1778,07 III?	5....	1419,73 II
10....	1964,70 II	6....	1770,31 II	10....	1407,40 II
3....	1963,6 II	8....	1765,94 II	5....	1405,51 III
9....	1956,7 II	3....	1756,85 III	9....	1396,71 II
10....	1954,25 II?	9....	1742,80 II	9....	1393,85 III
5....	1949,0 III?	2....	1739,02 III	7....	1391,66 III
4....	1945,27 III?	4....	1732,18 III	10....	1383,54 II
4....	1939,2 III?	5....	1716,85 III	10....	1377,66 II
10....	1938,35 II	5....	1699,62 III	6....	1363,68 II
4....	1929,19 III	10....	1678,05 III	6....	1360,65 II
2....	1918,75 III	2....	1647,40 III	2....	1347,28 III
10....	1917,34 II	5....	1639,75 III	7....	1345,07 II
3....	1912,42 III	5....	1630,43 II	3....	1276,25 III
7....	1901,61 II	9....	1613,30 III	8....	1236,18 II
6....	1898,36 II	4....	1593,43 III	8....	1224,81 II
10....	1888,50 II	4....	1575,25 II?	4....	1206,30 II
4....	1876,57 III	7....	1546,50 II	3....	1191,63 III
8....	1865,31 II	9....	1540,25 II	3....	1186,87 IV
4....	1857,50 III	8....	1532,75 II	4....	1123,63 II
1....	1853,01 III?	8....	1528,01 II	4....	1102,27 III
10....	1843,65 III	8....	1524,88 II	3....	1099,77 II
8....	1836,05 III	9....	1510,48 II	4....	1087,82 III
6....	1826,33 II	3....	1499,37 III	8....	1046,56 II
2....	1814,82 III?	9....	1493,57 II		

OPTIQUE. — *Sur l'émission en bout des tubes luminescents. Formules générales.* Note de M. **Louis Dunoyer**, présentée par M. Charles Fabry.

Les phénomènes de photoluminescence n'émettent généralement qu'un flux lumineux secondaire très inférieur au flux lumineux primaire ou excitateur. Il est donc important d'étudier avec soin les conditions les plus favorables pour les observer. Dans ce but, je me suis proposé de comparer entre eux les flux secondaires émis en bout, suivant que l'éclairage est produit par une source de brillance uniforme, d'étendue illimitée, placée devant l'extrémité du tube opposée à celle par laquelle on observe, ou par une source de même brillance disposée en un manchon cylindrique autour du tube. Dans le premier cas, il est évidemment nécessaire de séparer le flux lumineux secondaire, dû au phénomène de photoluminescence, du flux lumineux primaire reçu directement à travers le tube. Si les deux radiations appartiennent à des régions spectrales différentes, on pourra les séparer par des écrans sélectifs ou un appareil dispersif. Si les deux radiations appartiennent à la même région spectrale, on ne peut les séparer que par un intervalle de temps. Cette séparation dans le temps prend un intérêt tout particulier dans un projet dû à M. Laporte, qui m'autorise à en dire ici l'essentiel, relatif à la « détermination de la vitesse de propagation de la radiation de résonance ». Dans ces expériences, dont il m'a communiqué le principe en avril dernier, en me posant une question qui a été l'origine de ce travail, M. Laporte « cherche à utiliser des éclairs extrêmement brefs illuminant, en bout, un tube à vapeur de mercure, l'intervalle de temps séparant l'arrivée du signal direct du signal retardé de résonance étant mesuré à l'oscillographe ».

Nous supposerons donc que l'observation est faite en recevant la totalité du flux secondaire émis en bout. Soit $\mathcal{J}$ l'intensité des centres d'émission supposée la même dans toute l'étendue d'une même section droite. Soient n le nombre des centres émissifs par unité de volume, k le coefficient d'absorption du milieu, r le rayon du tube, M et m sa longueur et l'abscisse d'une section droite par rapport à l'extrémité d'observation, exprimées en demi-calibres. Le flux total émis par la tranche d'abscisse m, d'épaisseur dm, à travers la fenêtre d'observation, a pour expression

$$(1) \qquad d\Phi = 2\pi^2 n \mathcal{J} r^3\, dm \int_0^{\operatorname{arc\,cot} m} e^{\frac{-krm}{\cos\alpha}} \sin\alpha\, d\alpha$$

ou encore

$$d\Phi = 2\pi^2 n \mathcal{J} r^3 \, dm \, \Lambda(m), \tag{2}$$

en posant

$$\Lambda(m) = \lambda_0 \left[\frac{e^{-\lambda_0}}{\lambda_0} - \int_{\lambda_0}^{\infty} \frac{e^{-\lambda}}{\lambda} d\lambda - \left(\frac{e^{-\lambda_1}}{\lambda_1} - \int_{\lambda_1}^{\infty} \frac{e^{-\lambda}}{\lambda} d\lambda \right) \right], \tag{3}$$

avec

$$\lambda_0 = krm, \tag{4}$$

$$\lambda_1 = kr\sqrt{1 + m^2}. \tag{5}$$

Nous avons calculé des tables de la fonction $\Lambda(m)$ en prenant m comme argument. Elles jouent, comme on va le voir, un rôle important dans les problèmes que nous nous sommes posés et dans d'autres connexes.

Tubes à décharge. — Supposons que dans le fluide luminescent, les centres d'émission aient partout la même intensité moyenne. C'est le cas, par exemple, de la colonne positive, non stratifiée, d'un tube contenant un gaz illuminé par la décharge. Le flux total émis en bout a pour expression

$$\Phi = 2\pi^2 n \mathcal{J} r^3 \int_0^{M} \Lambda(m) \, dm. \tag{6}$$

Tubes photoluminescents éclairés en bout. — Soit $\mathcal{B}$ la brillance de la source, et σ un coefficient d'efficacité qui est numériquement égal à la section droite d'un centre de réémission si ce centre réémet, avec ou sans changement de longueur d'onde, tout le flux qu'il reçoit de la source. On a

$$\mathcal{J} = \frac{\mathcal{B}\sigma}{2} \Lambda(M - m), \tag{7}$$

et, par suite, le flux total émis en bout a pour expression

$$\varphi = \pi^2 n \mathcal{B} \sigma r^3 \int^{M} \Lambda(m) \Lambda(M - m) \, dm. \tag{8}$$

Tubes photoluminescents éclairés cylindriquement. — La source, de brillance $\mathcal{B}$, constitue un manchon de même longueur que le tube. On a pour l'intensité d'un centre de réémission

$$\mathcal{J} = \frac{\mathcal{B}\sigma}{2} [H(m) + H(M - m)], \tag{9}$$

en posant

(10) $$H(m) = \int_{\operatorname{arc\,cot} m}^{\frac{\pi}{2}} e^{-\frac{kr}{\sin\alpha}} \sin\alpha \, d\alpha,$$

et, par suite, le flux total a pour expression

(11) $$\varphi = \pi^2 n \mathcal{B} \sigma r^3 \int_0^{M} [H(m) + H(M_1 - m)] A(m) \, dm.$$

MAGNÉTOCHIMIE. — *Sur le paramagnétisme des sels cuivriques des acides de la série grasse à chaîne linéaire.* Note de M. **Jean Amiel.**

Bhatnagar, Balwant Singh et Abdul Ghani (1) ont, en 1932, mesuré par deux méthodes différentes les susceptibilités magnétiques de l'acétate, du propionate, du butyrate, du valérianate et du caproate cuivriques. Ayant trouvé de 9 à 10 magnétons de Weiss, ils ont remarqué le bon accord de cette valeur avec celle qui était admise pour l'ion Cu^{++} et se sont félicités d'apporter une nouvelle preuve à l'appui de la formule proposée par Sidgwick (2) pour ces sels. Or le nombre donné pour l'acétate est environ le double de celui qu'avaient publié Lifschitz et Rosenbohm (3) et de celui que j'avais mesuré. J'ai constaté que la même remarque vaut pour les quatre autres sels et j'ai repris cette étude.

Préparations. — Tous les sels ont été obtenus en faisant agir les acides correspondants sur l'hydroxyde cuivrique préparé par la méthode de Peligot (4), c'est-à-dire en précipitant par la potasse une solution aqueuse de sulfate cuivrique additionnée d'un grand excès d'ammoniaque. Le formiate provient du séchage de son tétrahydrate, soit à l'étuve, soit de préférence dans le vide sec à 20° C. Pour avoir l'éthanoate anhydre, j'ai traité le nitrate cuivrique trihydraté par l'anhydride acétique (5). Enfin le propanoate monohydraté perd son eau vers 90° C. Les sels anhydres sont recristallisés dans l'alcool absolu (du butyrate à l'undécanoate) ou dans le tétrachlorure de carbone chaud (à partir du dodécanoate).

(1) *Indian Journal of Physics*, 7, 1932, p. 323.
(2) *The Electronic Theory of Valency*, p. 254.
(3) *Zeitschrift für Electrochemie*, 21, 1915, p. 499.
(4) *Comptes rendus*, 53, 1861, p. 209.
(5) Späth, *Monatshefte für Chemie*, 33, 1912, p. 238.

Mesures. — Les mesures ont été faites, avec une balance de Curie-Cheneveau, sur les sels solides à 20° C. J'ai choisi le sulfate cuivrique pentahydraté comme étalon et j'ai adopté pour sa susceptibilité spécifique à 20° C. la valeur $5,90.10^{-6}$. La précision est de 1 à 2 pour 100 environ. Les résultats expérimentaux sont contenus dans le tableau suivant :

Acide utilisé.	Formule des sels cuivriques.	Valeur à 20° C. $\chi \times 10^6$.	$\chi_M \times 10^6$.	$\chi_{Cu} \times 10^6$.	p_W.
Acide formique....	$(HCO^2)^2Cu$	7,01	1080	1140	8,12
	$(HCO^2)^2Cu, 4H^2O$	5,04	1135	1245	8,48
Éthanoïque	$(C^2H^3O^2)^2Cu$	4,42	800	885	7,15
	$(C^2H^3O^2)^2Cu, H^2O$	3,99	795	890	7,17
Propanoïque......	$(C^3H^5O^2)^2Cu$	3,58	750	860	7,05
	$(C^3H^5O^2)^2Cu, H^2O$	3,25	740	860	7,05
Butanoïque	$(C^4H^7O^2)^2Cu$	2,93	695	830	6,93
Pentanoïque	$(C^5H^9O^2)^2Cu$	2,60	695	855	7,03
Hexanoïque.......	$(C^6H^{11}O^2)^2Cu$	2,23	655	835	6,95
Heptanoïque......	$(C^7H^{13}O^2)^2Cu$	2,00	645	850	7,01
Octanoïque	$(C^8H^{15}O^2)^2Cu$	1,71	600	830	6,93
Nonanoïque.......	$(C^9H^{17}O^2)^2Cu$	1,58	595	850	7,01
Décanoïque.......	$(C^{10}H^{19}O^2)^2Cu$	1,39	565	845	6,99
Undécanoïque.....	$(C^{11}H^{21}O^2)^2Cu$	1,37	595	895	7,19
Dodécanoïque.....	$(C^{12}H^{23}O^2)^2Cu$	1,20	550	875	7,11
Tétradécanoïque...	$(C^{14}H^{27}O^2)^2Cu$	0,95	490	865	7,07
Hexadécanoïque...	$(C^{16}H^{31}O^2)^2Cu$	0,83	475	895	7,19
Octodécanoïque...	$(C^{18}H^{35}O^2)^2Cu$	0,675	425	895	7,19

χ désigne la susceptibilité magnétique spécifique en unités c. g. s. m. χ_M est le produit de χ par la masse moléculaire. χ_{Cu} est la valeur obtenue en effectuant sur χ_M les corrections relatives au diamagnétisme du cuivre (-18.10^{-6}) et des radicaux acides organiques [d'après les mesures de Pascal ([6])]. Enfin $p_W = \sqrt{3RT\chi_{Cu}}/1125$ est le nombre de magnétons de Weiss en supposant, comme l'ont fait Bhatnagar et ses collaborateurs, que ces sels satisfont à la loi de Curie.

On remarque que les formiates se différencient nettement des autres sels. Mais, à partir de l'éthanoate, le cuivre est dissimulé au point de vue magnétique puisque χ_{Cu} est compris entre 830 et 895, alors que sa valeur pour l'ion Cu^{++} est de 1700 environ. Le nombre d'atomes de carbone ne semble pas influer de façon systématique. La molécule d'eau qui peut s'unir à l'éthanoate ou au propanoate est sans action sur la valeur de χ_{Cu}.

([6]) *Ann. de Chim. et Phys.*, VIII, 19, 1910, p. 5; 25, 1912, p. 289.

L'influence de la température sera étudiée pour atteindre le moment magnétique de l'atome de cuivre d'une façon certaine : si la loi de Curie se trouve vérifiée, ce moment est très voisin de 7 magnétons de Weiss au lieu de 9,9 à 10 pour l'ion Cu^{++}.

CATALYSE. — *Sur l'activité catalytique du sesquioxyde de fer cubique dans la synthèse d'hydrocarbures par hydrogénation de l'oxyde de carbone à la pression atmosphérique.* Note (1) de M. **Georges Le Clerc**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons signalé (2) que la solution solide limite de ferrite de potassium dans Fe^2O^3 cubique est un bon catalyseur de l'hydrogénation de CO à la pression ordinaire, et nous avons décrit en détail les circonstances de sa formation. Dans les conditions habituelles de nos premiers essais, son rendement, ou poids d'hydrocarbures liquides ou solides vers 15° recueillis quand on consomme 1^{m^3} (soit 476^g, sur lesquels le carbone représente 179^g) du mélange $CO + 2H^2$, était de 45^g. Depuis nous avons réussi à porter ce rendement à 80^g, en faisant adsorber le CO^3K^2 par l'hydroxyde de fer précipité, au lieu de nous contenter d'un simple malaxage.

Pressentant que le rôle de CO^3K^2 se borne à stabiliser le sesquioxyde cubique, nous avons préparé des catalyseurs où il est remplacé par un autre stabilisant : carbonate de Na, Li, Rb, ou Cs, ou nitrate de glucinium. Nous avons constaté que tous ces nouveaux catalyseurs ont, eux aussi, un rendement de 80^g, et donnent par examen au thermomagnétomètre Chaudron des courbes identiques (*fig.* 1). En plus du point de Curie de la magnétite (575°) s'en trouve un autre, caractéristique de la solution solide limite de ferrite alcalin ou alcalino-terreux dans Fe^2O^3 cubique, et situé toujours à 250°, indépendamment d'ailleurs de la température à laquelle le catalyseur a été formé. Il semble donc bien que le corps actif soit le sesquioxyde de fer cubique, constituant commun de tous ces catalyseurs. Pour nous en assurer, nous avons hydrolysé un catalyseur alcalinisé par CO^3K^2 ayant déjà fonctionné plusieurs jours, donc riche en solution solide, et donnant un rendement de 80^g. Michel a montré que, dans ces conditions (3), le ferrite est détruit, tandis que le sesquioxyde subsiste sans

(1) Séance du 28 novembre 1938.

(2) H. Lefebvre et G. Le Clerc, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1378.

(3) *Thèse*, Paris, 1937, p. 50.

modification de structure, ainsi que le prouve l'analyse thermomagnétique : celle-ci, faite sur un échantillon prélevé après hydrolyse, décèle encore au chauffage (*fig.* 2) le point de Curie de ce sesquioxyde (250°), et celui de la magnétite (575°); mais le simple fait d'élever la température au delà de 500° suffit à transformer Fe^2O^3 cubique en Fe^2O^3 rhomboédrique, ferromagnétique faible, de sorte qu'au refroidissement apparaît

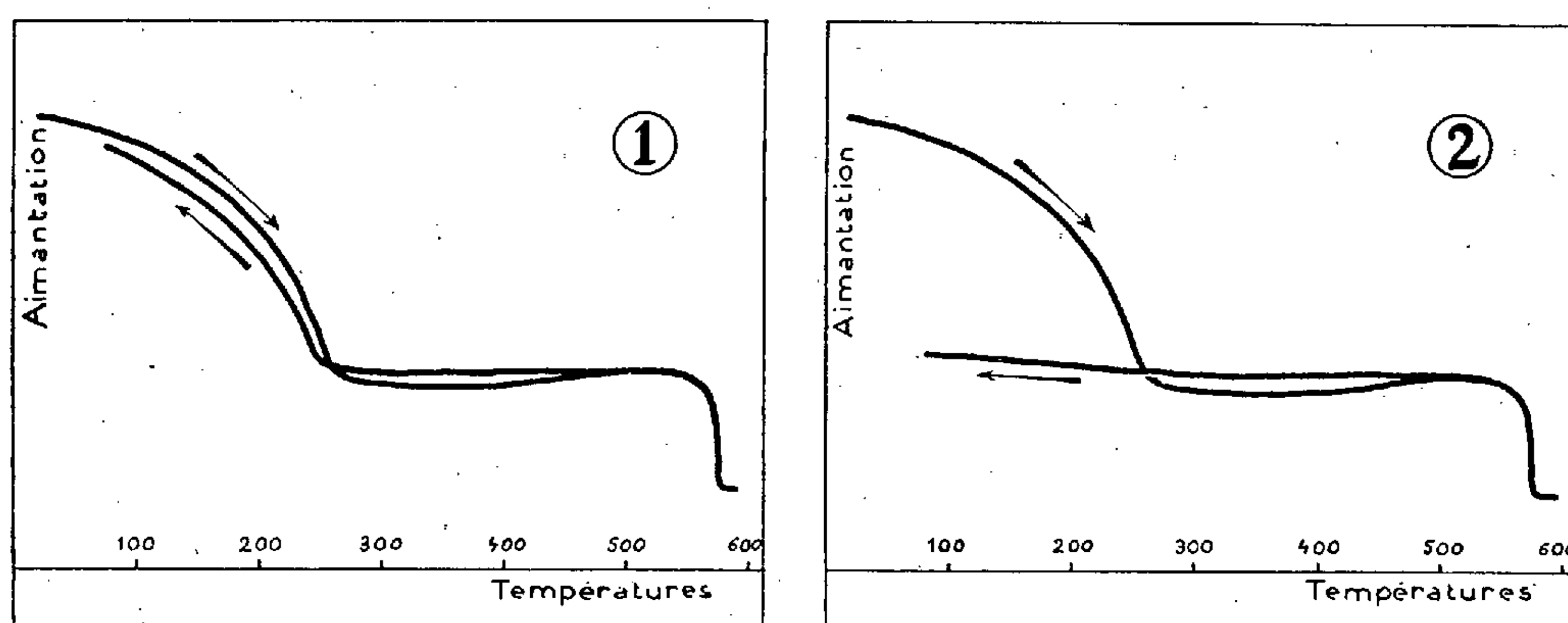


Fig. 1. — Catalyseur ayant fonctionné plusieurs jours. Fig. 2. — Le même après hydrolyse.
Courbes thermomagnétiques d'un même catalyseur au fer additionné de CO^3K^2.

seulement le point de Curie de Fe^3O^4. A la catalyse, le produit hydrolysé donne encore pendant plusieurs jours, à 250°, un rendement élevé et des paraffines solides. Mais si on le porte passagèrement à 500°, le sesquioxyde cubique est détruit tandis que la magnétite qu'il contenait reste inaltérée; alors il ne donne plus, dans les conditions habituelles de catalyse, que des hydrocarbures légers, et son rendement s'est considérablement abaissé.

Ainsi se trouve établi le mécanisme de l'activation des catalyseurs au fer par une addition alcaline : celle-ci agit en stabilisant Fe^2O^3 cubique, catalyseur beaucoup plus actif que Fe^3O^4.

Enfin il est remarquable que la température optimum de fonctionnement des catalyseurs au fer alcalinisés, dans la période de leur vie où ils donnent un rendement de 80g, coïncide toujours avec celle d'un de leurs points de Curie (250°), et que le rendement devienne bien moindre dès qu'on s'en écarte sensiblement : il ne dépasse pas quelques grammes à 220° ou à 280°. Ce rapport étroit entre activité catalytique et point de Curie s'éclaire à la lumière des théories modernes qui veulent d'une part que l'activité électronique soit particulièrement grande au point de Curie, d'autre part que les électrons libres jouent un rôle essentiel dans le mécanisme de

l'adsorption et de l'activation. Ceci expliquerait qu'un oxyde possède, à son point de Curie, une activité catalytique comparable à celle de métaux comme Co ou Ni, catalyseurs préconisés par Fischer pour la même réaction.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Action sur les métaux de certains acides organiques en solution dans des liquides non aqueux*. Note [1] de MM. **René Dubrisay** et **Jean-Jacques Goupil**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'attaque des métaux par les acides organiques, et spécialement par les acides gras, présente un grand intérêt technique. Il apparaît néanmoins que le mécanisme, certainement compliqué, n'est pas encore parfaitement élucidé. Nous exposerons seulement aujourd'hui quelques résultats obtenus par nous dans le cas du cuivre [2].

Des essais préliminaires nous ont permis d'établir les faits suivants :

1° Dans le vide, ou dans une atmosphère de gaz inerte comme l'azote, il ne se produit qu'une attaque superficielle qui s'arrête rapidement.

2° En présence d'air, l'attaque est nulle si le liquide organique est bien sec et si la lame y plonge tout entière [3]. En présence d'eau, au contraire, il y a rapidement altération avec production de sel cuivrique [4].

Nous avons cherché à préciser l'allure du phénomène en étudiant l'attaque du cuivre électrolytique à l'air dans des solutions à 5 pour 100 d'acide acétique, soit dans le xylène purifié par distillation sur le cuivre, soit dans l'eau. On a pendant deux mois laissé des lames de cuivre au contact de ces liqueurs dans les conditions suivantes (voir figure ci-après).

I. Lame de cuivre plongeant entièrement dans une solution acétique de xylène sec : aucune attaque apparente.

---

(1) Séance du 28 novembre 1938.

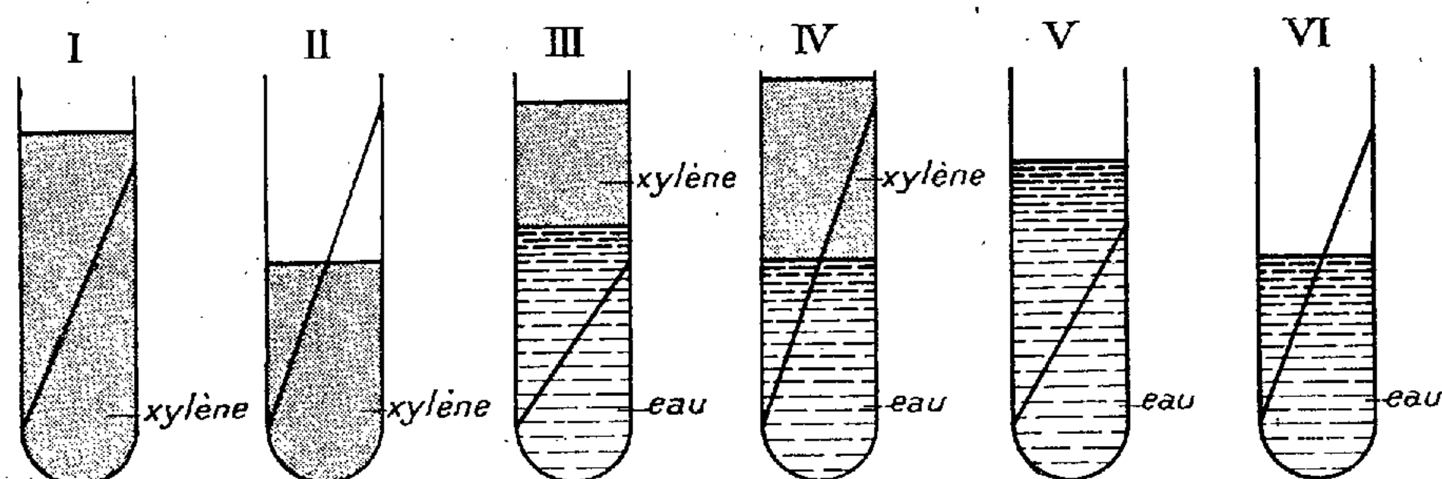
(2) Notons que, schématiquement tout au moins, l'allure des phénomènes est la même avec la plupart des métaux usuels, mais que l'altération semble moindre dans le cas du nickel et pratiquement nulle avec l'aluminium.

(3) Dans les expériences faites en l'absence d'eau, le liquide organique était seulement desséché sur le chlorure de calcium ou le sulfate de magnésium, et l'expérience se poursuivait en atmosphère desséchée.

(4) La marche des phénomènes est la même dans l'air et dans l'oxygène débarrassé de gaz carbonique. Il faut noter toutefois que dans le cas des solutions faiblement acétiques, le gaz carbonique intervient pour provoquer la formation d'un acétate basique (verdet).

II. Même dispositif que ci-dessus, mais la lame métallique déborde au-dessus du liquide : dépôt vert sur la lame, surtout dans la partie émergente.

III. On a mis dans le tube 10^{cm^3} d'eau et 10^{cm^3} de solution d'acide acétique dans le xylène, la lame de cuivre plongeant seulement dans la phase



aqueuse : pas d'attaque apparente, légère coloration bleue de la couche aqueuse.

IV. Même dispositif que pour III, mais la lame plonge simultanément dans les deux couches liquides : la lame reste brillante dans la phase aqueuse qui est fortement colorée en bleu; dans la couche xylénique, la lame est recouverte d'un enduit vert.

V. On a mis dans un tube 10^{cm^3} d'une solution aqueuse à 5 pour 100 d'acide acétique, la lame de cuivre y plonge entièrement : cette lame reste brillante, l'eau est légèrement colorée en bleu.

VI. On a mis dans le tube une solution aqueuse à 5 pour 100 d'acide acétique, la lame de cuivre débordant au-dessus de la couche aqueuse : l'eau est très nettement colorée en bleu, la partie de la lame qui y plonge reste brillante tandis que la partie qui déborde est recouverte d'un enduit vert.

Pour préciser quantitativement ces résultats, nous avons déterminé le poids de cuivre attaqué d'une part sur le résidu d'évaporation de la couche aqueuse, et d'autre part, sur la liqueur provenant de la dissolution dans l'eau de l'acétate cuivrique déposé sur le cuivre dans le xylène ou dans l'air. Voici les résultats consignés :

Cuivre.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Dans la phase aqueuse............	0	0	0,005	0,030	0,008	0,031
De l'enduit......................	0	0,045	0	0,011	0	0,006
Attaqué total....................	0	0,045	0,005	0,041	0,008	0,037

Ces données quantitatives confirment donc les observations qualitatives,

et il apparaît que les attaques, nulles ou très faibles dans les expériences I, III et V, sont notables, et semblent du même ordre de grandeur, dans les expériences II, IV et VI, c'est-à-dire dans le cas où la *lame métallique est coupée par la surface de séparation de deux phases distinctes*. On est tenté de rattacher ce fait à des actions électrochimiques, et spécialement à la formation de piles d'Evans. Mais il convient de remarquer que le mode d'attaque est le même si l'on opère avec d'autres acides forméniques, et en particulier avec des acides de poids moléculaires élevés (palmitiques, stéariques etc.) qui sont ainsi que leurs sels de cuivre insolubles dans l'eau, et aussi si l'on remplace le xylène par de l'huile de paraffine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la diméthylamine sur le méthyl-1 dibromo-1-2-cyclohexane*. Note de M[lle] **Judith Gutman**, présentée par M. Auguste Béhal.

Willstaetter [1] a constaté que, dans l'action de la diméthylamine sur l'*o*-dibromocyclohexane, il y a formation de cyclohexényl-2.3-N-diméthylamine, ce qui montre que les deux atomes d'halogène du dérivé dibromé, quoique entièrement symétriques, ne se comportent pas de la même façon, l'un seulement se laissant substituer par l'amine.

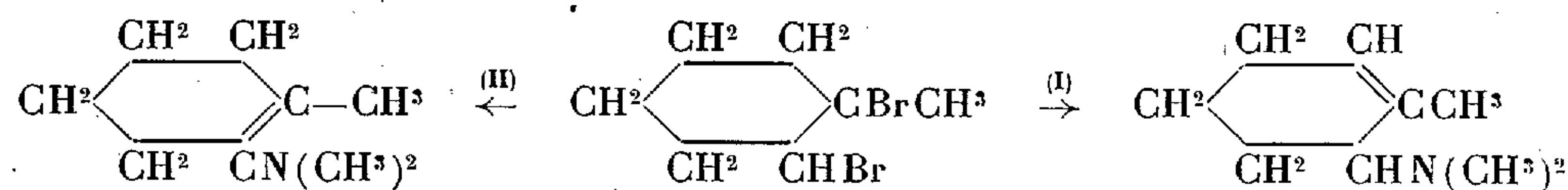
Il nous a paru intéressant de fixer un méthyle sur l'un des carbones bromés de manière à différencier les deux atomes de brome et de voir dans quelle mesure le caractère secondaire et tertiaire des carbones bromés interviendrait pour l'orientation de la réaction bilatérale rapportée ci-dessus. Nous avons étudié l'action de la diméthylamine en excès (solution benzénique) sur le méthyl-1 dibromo-1-2 cyclohexane soit à la température ordinaire pendant deux semaines, soit à l'autoclave à 120-130° pendant 5 à 8 heures. Il ne se forme dans ces diverses conditions qu'une seule amine éthylénique [2], le méthyl-1 diméthylamino-2 cyclohexène-1-6 (I)

---

(1) R. Willstaetter et D. Hatt, *Ber. d. chem. Ges.*, 45, 1912, p. 1464.

(2) Nous avons tenu à vérifier l'absence de méthyl-1 cyclohexanone qui aurait pu résulter de la désamination de l'amine vinylique (II). Nous nous sommes assurée par ailleurs que l'aminoalcool (Eb_{17} 93°, ClH F 191°) obtenu en faisant agir la diméthylamine sur la chlorhydrine *trans* dérivée du méthyl-1 cyclohexadiène-1 par fixation de ClOH peut, par chauffage avec SO^4H^2 (B. et K. Campbell, *J. Am. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 1372), fournir l'amine (II) et celle-ci par désamination conduire à la méthyl-1 cyclohexanone.

(Eb_{90} 85°, picrate F. 162-163°, chlorhydrate F. 134-135°), ce qui prouve que c'est le brome secondaire qui a été substitué par le groupe diméthylaminé tandis que le brome tertiaire est intervenu pour la formation de la double liaison aux dépens du CH^2 voisin.



La constitution de cette amine a été établie en l'identifiant avec un produit synthétique de constitution sûre obtenu à partir du méthyl-1 cyclohexène-1-2 (voir ci-dessous *a*). Nous avons en outre étudié l'hydrogénation de cette amine et obtenu un mélange des *o*-hexahydrotoluidines *cis* et *trans* (voir ci-dessous *b*).

*a. Obtention du méthyl-*1 *diméthylamino-*2 *cyclohexène-*1-6 *à partir du méthyl-*1 *cyclohexène-*1-2. — L'oxydation sélénieuse du méthyl-1 cyclohexène fournit le méthyl-1 cyclohexène-1-6 one-2 (³) dont l'oxime soumise à la réduction électrolytique en milieu sulfurique fournit un mélange de méthyl-1 amino-2 cyclohexène et de *cis* méthyl-1 amino-2 cyclohexane. Après méthylation du mélange on obtient les deux dérivés diméthylaminés correspondants que l'on peut séparer et que l'on caractérise par leurs picrates qui fondent respectivement à 162-163° (non saturé) et à 218° (saturé *cis*).

*b. Hydrogénation du méthyl-*1 *diméthylamino-*2 *cyclohexène-*1-6. — On hydrogène sous pression en présence de NiCr; on obtient ainsi un mélange des deux amines saturées possibles, la *cis* (Picrate F. 218°) et la *trans* (Picrate F. 156°). L'amine saturée *trans* a été identifiée avec une amine obtenue synthétiquement en méthylant le produit de la réduction alcaline de l'oxime de la méthyl-1 cyclohexanone (Skita). Quant à l'amine saturée *cis* elle a été identifiée avec le produit de méthylation de l'amine fournie par la réduction électrolytique de la même oxime, mais en milieu acide.

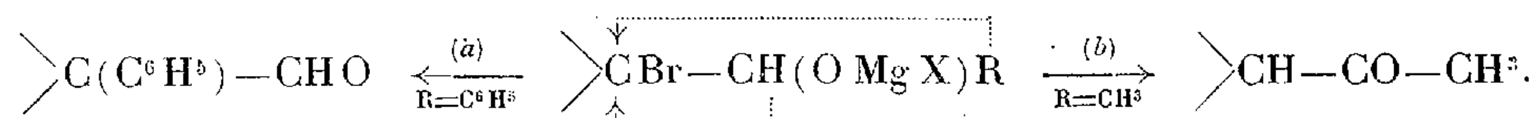
Conclusion. — L'action de la diméthylamine sur le méthyl-1 dibromo-1-2 cyclohexane fournit un seul produit aminé, le méthyl-1 diméthylamino-2 cyclohexène-1-2.

(³) Urion, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 363.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des dérivés organomagnésiens sur l'α-bromo-cyclohexylformaldéhyde*. Note de M[lle] **Bianca Tchoubar** et M. **Otto Sackur**, présentée par M. Auguste Béhal.

M. Tiffeneau, en commun avec l'un de nous (1), a montré que dans l'action des organomagnésiens sur les α-chlorocyclohexanones, il se forme bien, comme l'avaient signalé Bouveault et Chéreau, des alcoylcyclohexanones, mais que celles-ci ne proviennent pas du remplacement direct de l'halogène par l'alcoyle de l'organomagnésien ; ce dernier réagit, en effet, tout d'abord sur le CO, et il y a formation d'un halogénomagnésiate de chlorhydrine ; puis, par chauffage, ce magnésiate perd X^2Mg pour donner la cétone alcoylée par suite d'une migration de l'alcoyle, qui, secondairement, vient prendre la place de l'halogène. Bien que Bartlett (2) ait montré qu'il en est de même avec les α-bromo cyclohexanones, il était intéressant de vérifier le fait avec un aldéhyde α bromé tel que l'α-bromo-cyclohexylformaldéhyde.

Il convenait toutefois de se placer dans des conditions telles que, dans le système —CH(OMgX)—R, la migration du radical R soit possible, c'est-à-dire que l'aptitude migratrice de ce radical l'emporte sur celle de l'hydrogène voisin. Or, cette propriété n'appartient qu'aux radicaux aromatiques. Il s'ensuit que c'est seulement avec les organomagnésiens BrMgAr que l'on pouvait espérer obtenir les aldéhydes >C(Ar)—CHO, alors qu'avec les organomagnésiens aliphatiques BrMgR, la réaction devait conduire aux cétones >CH—CO—R. L'expérience, qui a consisté à faire agir d'une part $BrMgC^6H^5$ (*a*) et, de l'autre, $IMgCH^3$ ou $BrMgC^2H^5$ (*b*) sur l'α-bromocyclohexylformaldéhyde, a confirmé pleinement nos prévisions, comme le montre la formule ci-dessous :



$$>C(C^6H^5)-CHO \xleftarrow[R=C^6H^5]{(a)} >CBr-CH(OMgX)R \xrightarrow[R=CH^3]{(b)} >CH-CO-CH^3.$$

Nous pensons qu'il y a lieu d'abandonner l'hypothèse de Kirrmann (3) qui, pour

(1) M. Tiffeneau et B. Tchoubar, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 941.

(2) Bartlett et Rosenwald, *Am. Chem. Soc.*, **56**, 1934, p. 1990.

(3) A. Kirmann, *Ann. de Chimie*, 10e série, **11**, 1929, p. 298. Nous avons constaté que dans l'action de $IMgCH^3$ sur $C^6H^{10}Br—COCl$ qui libère le cétène $C^6H^{10}=CO$ (Mc Kenzie et Boyle, *J. Chem. Soc.*, **119**, 1921, p. 1131), il ne se forme pas la cétone $C^6H^{11}—CO—CH^3$ mais un produit entraînable à la vapeur d'eau et donnant avec la semicarbazide une substance (F. 203°) qui pourrait être le triazide d'un dimère du cétène (N % trouvé 15,9, calculé 16,2).

expliquer la formation de la cétone C^5H^{11}-CH^2-CO-CH^3 dans l'action de $IMgCH^3$ sur le bromo-2-heptanal fait intervenir l'ionisation des aldéhydes α bromés en cétène ionisé. Il convient cependant de faire observer que nous n'avons pas pu isoler la bromhydrine; mais sa formation intermédiaire est démontrée par la nature des deux réactions si différentes obtenues avec les organomagnésiens aromatiques et aliphatiques.

1° *Action de* $BrMgC^6H^5$ *sur l'α-bromocyclohexylformaldéhyde.* — Cet aldéhyde ($Éb_{18}$ 87-92°) déjà obtenu par Danilova ([4]) a été préparé avec de meilleurs rendements (50 pour 100) en suivant la technique de Kirrmann ([3]), c'est-à-dire en faisant agir PCl^3Br^2 non sur l'aldéhyde, mais sur son acétal. On fait tomber goutte à goutte $BrMgC^6H^5$ (1^{mol}) dans la solution éthérée de l'aldéhyde refroidie à 0°. On laisse en contact quelques heures à froid, puis on décompose par l'eau acidulée. On n'obtient pas de bromhydrine, mais on isole le phénylcyclohexylformaldéhyde $(C^6H^5)C^6H^{10}CHO$ (semicarbazone F. 219) déjà décrit ([5]).

2° *Action de* $IMgCH^3$ *et de* BrC^2H^5 *sur l'α-bromocyclohexylformaldéhyde.* — On opère comme ci-dessus et, après décomposition par l'eau acidulée, on constate l'absence de bromhydrine et la présence, dans le premier cas, de la cétone C^6H^{11}-CO-CH^3 (semicarbazone F. 175°) et, dans le second, de la cyclohexyléthylcétone C^6H^{11}-CO-C^2H^5 (semicarbazone F. 149-150°), toutes deux déjà connues et facilement identifiables.

Conclusions. — Dans l'action d'un organomagnésien XMgR sur l'α-bromocyclohexylformaldéhyde c'est le groupe aldéhydique qui réagit d'abord avec formation d'halohydrine instable, qui ne peut être isolée et qui se transforme soit en cétone C^6H^{11}—CO—R dans le cas des organomagnésiens aliphatiques, par simple migration de l'hydrogène, soit en aldéhyde C^6H^{10}(Ar)CHO dans le cas des organomagnésiens aromatiques, avec remplacement indirect du brome par le radical Ar qui émigre sur l'atome de carbone privé de son halogène.

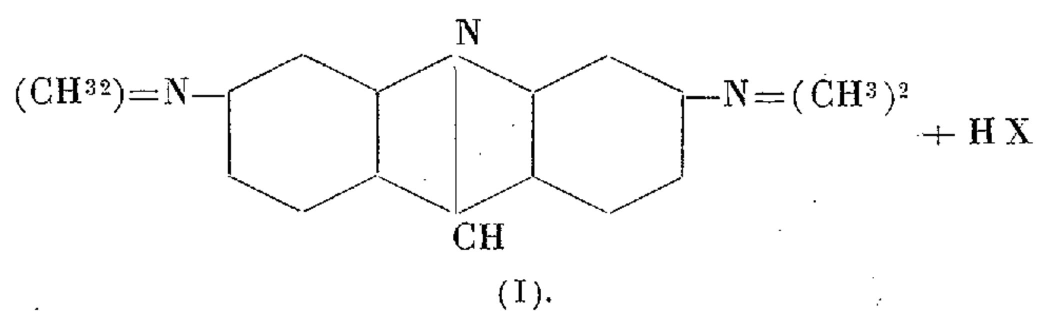
CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure et absorption des colorants diaminés dérivés de l'acridine.* Note de Mmes **Pauline Ramart** et **Marthe Grumez** et M. **Modeste Martynoff**, présentée par Marcel Delépine.

Aucune recherche n'a, semble-t-il, été entreprise afin d'établir, d'après leurs spectres, la structure des dérivés aminés de l'acridine (sels et bases). On admet généralement qu'ils ont la même structure que l'acridine;

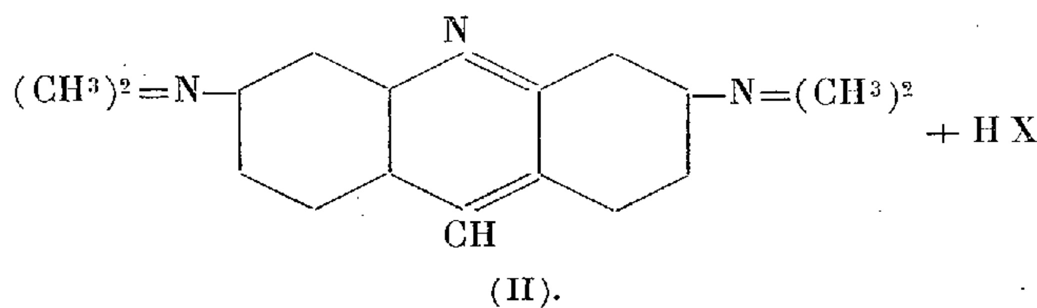
([4]) V. Danilova, *Chem. Centr.*, I, 1937, p. 4088.

([5]) Tiffeneau, Weill, Gutman et Tchoubar, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 277.

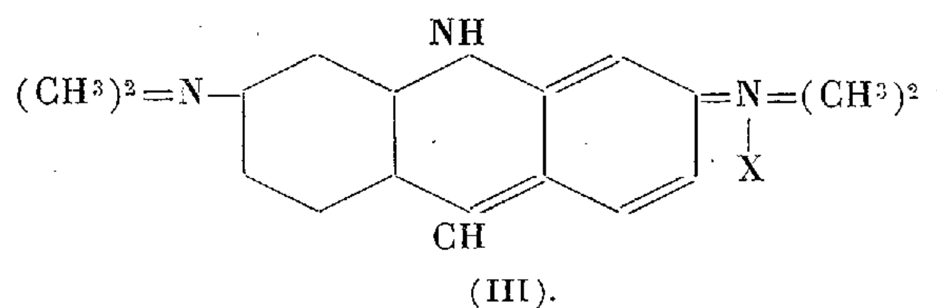
et, dans tous les traités de chimie, on les représente (en prenant comme exemple l'orangé d'acridine) parfois par (I), le plus souvent par la structure orthoquinonique (II), mais la forme paraquinonique (III) n'est pas envisagée [Kehrmann (*Lieb. Ann.*, 414, p. 131-188) a envisagé comme possible l'existence, dans certains cas, d'une forme paraquinonique, mais sans apporter d'arguments d'ordre expérimental].



(I).



(II).



(III).

L'étude de l'absorption (U-V et visible) de ces colorants et de leurs bases nous a conduit à penser qu'en solution ces corps peuvent prendre non seulement la forme (II) mais aussi la structure (III), ces formes étant transformables l'une en l'autre réversiblement. Les faits observés peuvent être ainsi résumés :

I. Dans l'eau et dans l'alcool, en milieu neutre, les sels des dérivés diaminés 3-6 ont des spectres semblables, ce qui indique qu'ils ont une même forme, que nous désignerons par A [voir *fig* 1, les courbes du jaune (1) et de l'orangé (2) d'acridine, de la benzoflavine (3) et de la tétraméthylflavéosine (4)].

II. L'absorption des bases change de façon parfois très importante suivant le solvant, la dilution, le pH. En solution alcoolique N/20000, chacune des bases possède un spectre voisin de celui de son sel, et se trouve par suite avoir la même forme A. En solution plus concentrée (N/2000)

l'absorption révèle l'existence, à côté de la forme A, d'une autre forme B ayant un spectre très différent (forme et position des bandes). En solution alcoolique alcaline (NaOH N/10), ou dans le dioxane anhydre, c'est la forme B qui est surtout présente. La figure 3 contient les courbes : de

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

l'orangé d'acridine (1), de sa base dans l'alcool à N/20000 (2), et à N/2000 (3), dans de la soude alcoolique (NaOH N/10) (4) et dans le dioxane (5). Sur la figure 2 se trouvent les courbes des bases : du jaune (1) et de l'orangé d'acridine (2), de la benzoflavine (3) et de la tétraméthylflavéosine (4), dans une solution alcoolique de NaOH N/10.

L'ensemble de ces résultats entraîne les conclusions suivantes :

La formule (I) étant à écarter (un tel corps serait incolore ou à peine coloré dans le visible), il reste à fixer laquelle des formules (II) ou (III) doit être attribuée à chacune des formes A et B.

L'étude spectrale des sels et des bases ne suffit pas à déterminer leur structure, car aucune raison ne permet d'écarter pour ces corps l'une ou l'autre des formules (II) ou (III), quel que soit le nombre des substituants sur les N en 3 et en 6.

Par contre, les bases anhydres entièrement substituées à l'N (base de l'orangé d'acridine par exemple) ne peuvent prendre, en milieu anhydre, que la forme (II). Or la base de l'orangé d'acridine, dans le dioxane anhydre, possède le spectre de la forme B. On est ainsi conduit à attribuer la structure (II) à la forme B, et la formule (III) à la forme A.

En résumé, *l'analyse spectrale des combinaisons* 3-6 *diaminées acridiniques montre que ces substances peuvent prendre, en solution, deux formes transformables l'une en l'autre réversiblement. En utilisant les formules ordinaires*

de la chimie organique, ces deux formes peuvent être représentées par les formules ortho (II) *et para* (III) *quinoniques.*

Contrairement à ce qui est généralement admis, les sels en solutions neutres, aqueuse ou alcoolique, et les bases en milieu alcoolique dilué se trouvent surtout sous la forme paraquinonique (III). *En milieu alcalin ou dans le dioxane, les bases ont surtout la forme orthoquinonique* (II).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode de synthèse du para-méthoxy α.β-dichloro éthylbenzène; passage au β et à l'α-chloro para-méthoxy styrolènes.* Note de MM. **Raymond Quelet** et **Jean Allard**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'un de nous [1] a fait connaître une méthode générale de chloroalcoylation du noyau des éthers-oxydes phénoliques consistant à condenser, en milieu chlorhydrique, les aldéhydes aliphatiques avec les alcoxybenzènes.

Poursuivant la généralisation de cette réaction, nous avons étudié, dans les mêmes conditions, la condensation de l'anisol avec l'aldéhyde monochloracétique.

Des nombreux essais effectués il découle que la réaction envisagée est réalisable et les meilleurs résultats ont été obtenus en partant, non de l'aldéhyde monochloracétique lui-même, mais de son acétal. En saturant par le gaz chlorhydrique un mélange d'anisol, de monochloracétal et d'acide chlorhydrique maintenu vers 70°, on obtient le para-méthoxy α.β-dichloro éthylbenzène avec un rendement variant de 30 à 35 pour 100 du rendement théorique.

Le processus de la réaction semble être le suivant. Sous l'action de l'acide chlorhydrique, il y a d'abord formation d'oxyde d'éthyle α.β-dichloré

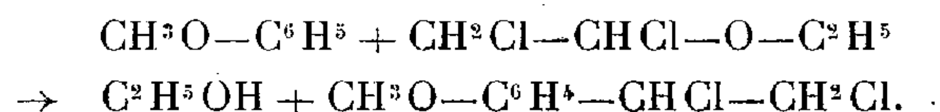


$$CH^2Cl\,CH(OC^2H^5)^2 + ClH \rightarrow C^2H^5OH + CH^2Cl{-}CHCl{-}O{-}C^2H^5.$$

Ce dernier se condense ensuite avec l'anisol en donnant le para-méthoxy α.β-dichloroéthylbenzène suivant un mécanisme analogue à celui de la condensation des éthers chlorométhyliques avec les carbures benzé-

(1) R. Quelet, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 956.

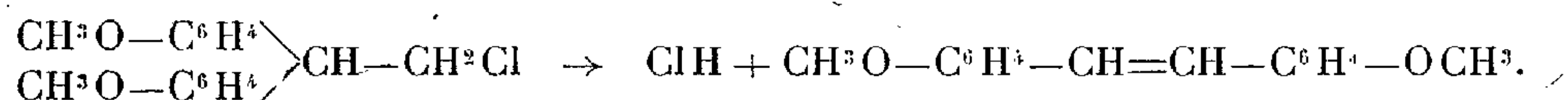
niques (²):



$$CH^3O-C^6H^5 + CH^2Cl-CHCl-O-C^2H^5$$
$$\rightarrow C^2H^5OH + CH^3O-C^6H^4-CHCl-CH^2Cl.$$

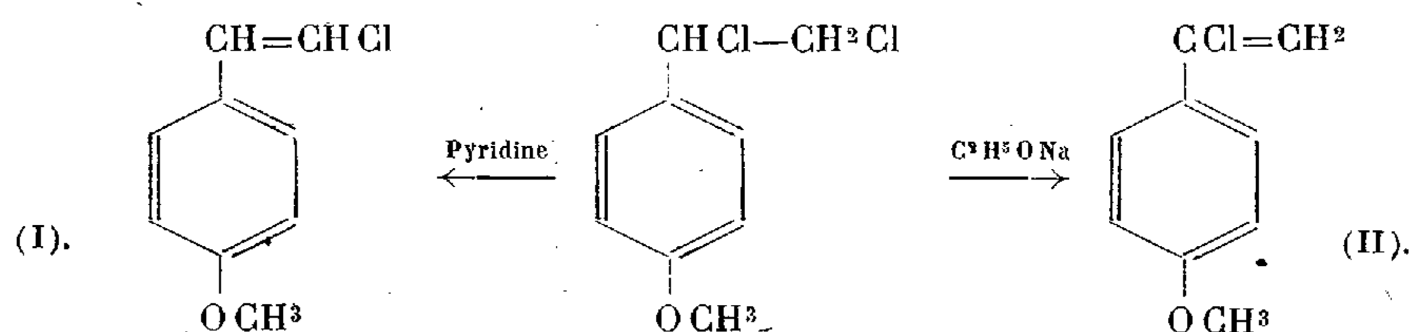
En distillant, sous pression réduite, le produit de la réaction, on observe un départ d'acide chlorhydrique et l'on obtient une fraction qui renferme du para-méthoxy β-chlorostyrolène (I) et un peu de dichlorure non transformé. Il reste un résidu important duquel on peut extraire du diméthoxy-4.4′ stilbène ou « phothoanéthol » (³), composé bien connu, fondant à 212°.

Ce dernier prend naissance par action de la chaleur sur l'α.*α-bis* (paraméthoxyphényl) β-chloro éthane qui résulte lui-même de la condensation d'une molécule de chloracétal avec deux molécules d'anisol et qui subit, au cours de la distillation, une perte d'acide chlorhydrique et une transposition :



$$\begin{matrix}CH^3O-C^6H^4\\CH^3O-C^6H^4\end{matrix}\rangle CH-CH^2Cl \rightarrow ClH + CH^3O-C^6H^4-CH{=}CH-C^6H^4-OCH^3.$$

Soumis à l'action de la pyridine, le dichlorure brut fournit le paraméthoxy β-chlorostyrolène (I); traité par l'éthylate de sodium ou par la potasse alcoolique, il donne le para-méthoxy α-chlorostyrolène (II)



Passage au para-méthoxy β-chlorostyrolène. — On sature par le gaz chlorhydrique un mélange bien agité de 108ᵍ d'anisol, 153ᵍ de chloracétal et de 150$^{cm^3}$ d'acide chlorhydrique dilué. La température est maintenue entre 60 et 70° pendant la réaction dont la durée est de 2 heures.

Le produit est repris par l'eau, lavé, séché rapidement sur du sulfate de sodium et débarrassé des produits de tête par distillation rapide sous pression réduite et chauffage au bain-marie; il est ensuite chauffé pendant 8 heures à 115° avec un excès de pyridine.

Après séparation et purification des produits de la réaction, on obtient 20ᵍ de para-

(²) Sommelet, *Comptes rendus*, 157, 1913, p. 1443.
(³) De Varda, *Gazz. Chim. Ital.*, 21, (I), 1891, p. 183.

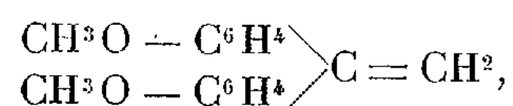
méthoxy β-chlorostyrolène, paillettes (alcool) à odeur anisée, fondant à 32°, qui avait déjà été obtenu par Borsche et Heinbürger ([4]). C'est un composé très stable qui résiste, par chauffage sous la pression normale, aux réactifs d'hydrolyse et d'acétylation.

On isole en outre du diméthoxy-4.4′ stilbène, dont la formation s'interprète comme précédemment.

Passage au para-méthoxy α-chlorostyrolène (II). — Le dichlorure brut, traité par l'éthylate de sodium, fournit comme produit principal le para-méthoxy α-chlorostyrolène qui, fraîchement distillé, cristallise dans l'alcool en aiguilles blanches fondant à 35°.

A l'encontre de l'isomère β-chloré, ce composé s'hydrolyse facilement en donnant la para-métoxyacétophénone; d'autre part, il est très instable à l'air. Abandonné à lui-même, il se colore rapidement et dégage abondamment de l'acide chlorhydrique; au bout de quelques jours, il est transformé en une masse rouge, de laquelle on peut extraire par l'eau une petite quantité d'un colorant rouge, doué en solution alcoolique ou acétique d'une intense fluorescence verte.

Comme produit secondaire on obtient, dans l'action de l'éthylate de sodium, l'α.α-bis (para-méthoxyphényl) éthylène



$$\begin{matrix} CH^3O - C^6H^4 \\ CH^3O - C^6H^4 \end{matrix}\Big> C = CH^2,$$

lamelles (benzène) F. 143° ([5]). Il prend naissance par déchlorhydratation sans transposition de l'α.α-bis (para-méthoxyphényl) β-chloroéthane existant dans le produit traité.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Le dosage du quartz par analyse thermique différentielle.* Note ([1]) de M. **Félix Trombe**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'identification des différentes espèces de silice résulte, entre autres, de leurs études dilatométriques.

Le Chatelier a montré ([2]) les anomalies de dilatations du quartz, de la tridymite et de la cristobalite, puis a caractérisé la silice vitreuse par son très faible coefficient de dilatation, sensiblement constant, entre la température ordinaire et 1000° C. Plus récemment Bræsco ([3]) a étudié la dilatation de la silice pure précipitée, rendue

([4]) *D. Chem. G.*, 48, 1915, p. 456.

([5]) Gattermann, *D. Chem. G.*, 22, 1889, p. 1132.

([1]) Séance du 21 novembre 1938.

([2]) *Comptes rendus*, 108, 1889, p. 1046; 111, 1890, p. 123; 130, 1900, p. 1703.

([3]) *Comptes rendus*, 168, 1919, p. 343; *Ann. de Phys.*, 14, 20, 1919, p. 5.

cohérente par addition de silicate de sodium. L'anomalie de dilatation du quartz à 573° C. (transformation de quartz α en quartz β) est accompagnée, ainsi que l'ont montré White et E.-S. Larsen (4), d'une absorption de chaleur.

Le but de cette étude est l'identification et le dosage du quartz dans un mélange pulvérulent, par analyse thermique précise de la transformation $\alpha - \beta$.

La mise en évidence du phénomène thermique est faite par analyse différentielle ou bi-différentielle. Les thermocouples en opposition sont du

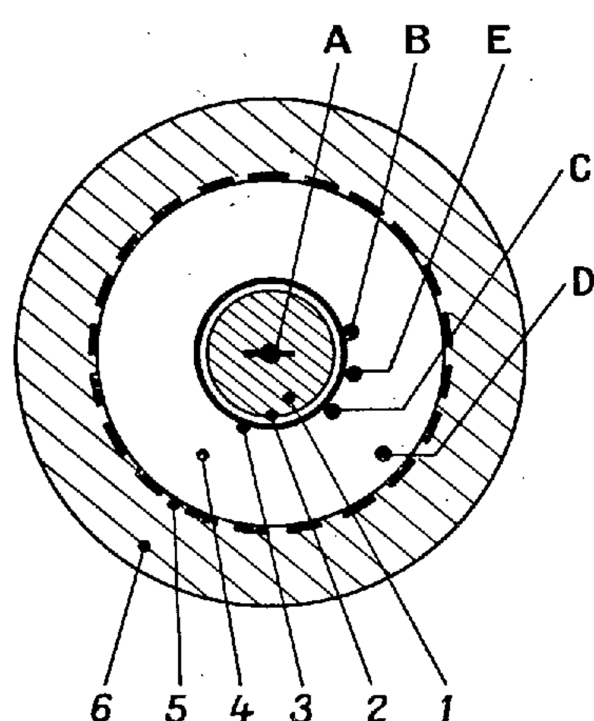


Fig. 1.

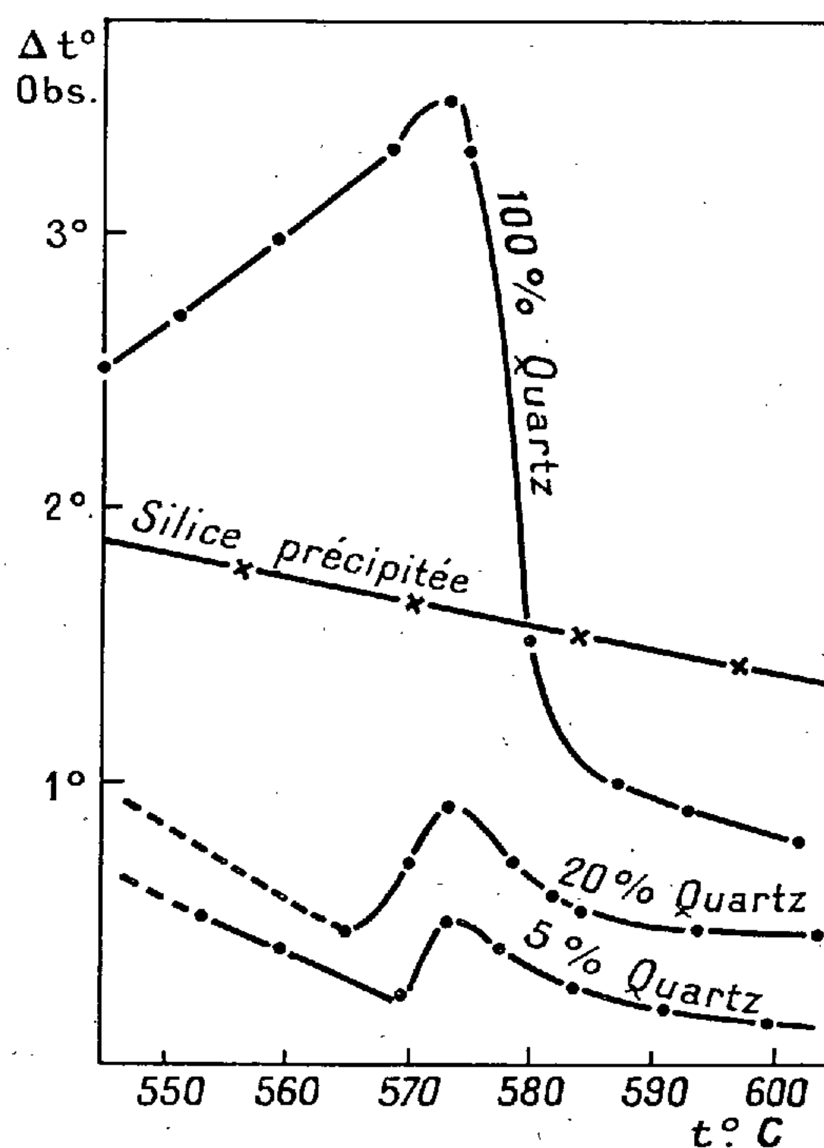


Fig. 2.

type chromel-alumel. Le circuit de mesure des forces électromotrices possède une résistance supérieure à 300 ohms; on évite ainsi une chute de potentiel notable dans les fils des thermocouples.

La sensibilité du montage est de 1/50e de degré; sa fidélité est de 1/30e de degré pour les mesures effectuées aux environs de 600° C. Le mélange à étudier (1) (*fig.* 1) (entre autres le mélange quartz-silice vitreuse) est

(4) *Am. J. of Science*, 27, 1909, p. 435; *Z. Anorg. Chem.*, 68, 1910, p. 355.

réduit en poudre fine. Il est placé dans un creuset tubulaire en platine (2) contenu dans un tube rodé en quartz (3). Dans la partie centrale du mélange est enfoncé profondément un thermocouple A en chromel-alumel, monté en opposition de forces électromotrices sur un thermocouple identique B, situé à l'extérieur du tube de quartz dans une masse de carbone (4) ([5]).

Le thermocouple B situé assez loin de la paroi de platine, est soustrait à tout effet thermique provenant de la transformation $\alpha - \beta$ du quartz.

Si le gradient de température entre A et B est trop grand, par exemple dans le cas de chauffages rapides, la sensibilité maximum de l'appareil peut être néanmoins maintenue. Un deuxième groupe différentiel C — D, dont la force électromotrice (due au gradient de température dans le carbone) est fonction de la vitesse de chauffe, est mis alors en opposition sur le groupe différentiel A — B. La température de l'ensemble est mesurée en E au voisinage du thermocouple B. La masse de carbone (4) chauffée par un enroulement de nickel-chrome (5) est faiblement calorifugée en (6).

Le thermocouple A, qui plonge dans le mélange à étudier, est serré au voisinage de la soudure chaude par une gaine en platine. Les échanges thermiques entre la substance et le platine sont très rapides en raison : 1° de la grande surface d'échange réalisée; 2° de la faible capacité calorifique du platine et de sa grande conductibilité.

La courbe (*fig.* 2) donne les résultats obtenus pour une vitesse de chauffe de 8° par minute. La présence de 5 pour 100 de quartz dans la silice vitreuse produit encore une variation notable de la température différentielle. Si la silice vitreuse contient 3 pour 100 de quartz, l'effet thermique est parfaitement net et reproductible pour une vitesse de chauffe de 2° C. par minute; il paraît moins constant pour des vitesses de chauffe de 12°, 8°, et les vitesses inférieures à 1° par minute. La silice précipitée et la silice entièrement à l'état vitreux ne donnent lieu à aucun effet thermique à 573° C.

En résumé la méthode décrite permet de caractériser rapidement et de doser, par comparaison, le quartz dans un mélange pulvérulent et notamment dans les mélanges quartz-silice vitreuse résultant de traitements thermiques appropriés du quartz pur.

([5]) A 600° C. le carbone possède une bonne conductibilité calorifique; sa variation de chaleur spécifique est continue entre 500 et 600° C.

GÉOLOGIE APPLIQUÉE. — *Sur la coexistence du tungstène et de l'or dans la zone minéralisée de Salsigne-Villanière (Aude).* Note de M. **Henri Vincienne**, présentée par M. François Grandjean.

Les gîtes aurifères de Salsigne-Villanière, qui ont fait l'objet de travaux récents de M. Legraye [1], appartiennent à un système de filons Nord-Sud, qui recoupent le versant méridional de la Montagne-Noire (ou Cabardès), à 14^{km} environ au nord de Carcassonne. Ils sont encaissés dans des schistes, des grès et des calcaires cambriens, qui bordent, vers le Nord, un massif de gneiss et de micaschistes avec pointements intrusifs de granulite. Les principaux de ces filons sont, de l'Ouest à l'Est, le filon de Peyrebrune et le filon Fontaine de Santé, dans la concession de Salsigne, le filon Ramèle, pour une grande partie dans la concession de Villanière. Les fractures filoniennes Nord-Sud sont plus ou moins rejetées par un réseau de failles à peu près Est-Ouest, elles-mêmes localement minéralisées. Le remplissage des filons consiste en or natif, trop finement divisé pour être visible à l'œil nu, mispickel, pyrrhotine, pyrite, chalcopyrite, guanajuatite (sulfo-séléniure de bismuth) et autres composés de bismuth; la gangue est essentiellement quartzeuse, avec sidérose et calcite accessoires. En outre, la minéralisation aurifère passe localement, avec une richesse exceptionnelle, dans les épontes au mur du filon Fontaine de Santé.

L'exploitation du filon Ramèle a mis récemment à jour plusieurs kilogrammes d'un minéral noir, dont un échantillon, intimement associé au quartz, a été donné aux Collections de l'École des Mines par M. J. Desrousseaux. Macroscopiquement ce minéral se présente en masse criblée de très fines cavités et composée de cristallisations si ténues qu'il est impossible d'en distinguer les formes et autres caractères cristallographiques. J'ai pu cependant le déterminer comme wolfram (tungstate de fer et de manganèse), après observation de sa dureté et de sa poussière, essais au chalumeau et surtout examen en section polie au microscope par réflexion. L'examen microscopique m'a permis de constater notamment son très léger polychroïsme, son faible pouvoir réflecteur, comparable à celui de la blende, sa couleur de diffusion rouge brun, son anisotropie très franche (avec colorations blanc jaunâtre et gris violacé foncé),

---

(1) *Ann. Soc. Géol. Belgique*, 61, 1937-1938, B 83-87 et 117-146.

ainsi que la présence des figures d'arrachement qu'on rencontre habituellement sur les sections polies de wolfram. De minces veinules postérieures de mispickel et quelques petits cristaux de pyrite étaient inclus dans la masse du wolfram.

C'est la première fois que l'existence du tungstène est signalée dans les gîtes aurifères de la Montagne-Noire. Ce fait vient à l'appui des conclusions de M. Legraye, qui a mis en lumière la grande profondeur de formation et le caractère hypothermal de ces gisements filoniens, qui peuvent être classés, selon lui, « entre la fin de la phase pegmatitique-pneumatolytique et le début de la phase hydrothermale » de Niggli. L'affleurement à la surface du sol de ces filons profonds a nécessité une longue période d'érosion et autorise donc leur rattachement à une période ancienne de minéralisation, hercynienne ou peut-être même calédonienne : E. Raguin et moi avions déjà attribué cet âge ancien au gisement de galène de la Loubatière, à 11^{km} environ au Nord-Ouest de Salsigne ([2]).

D'autre part, mieux que le bismuth et le mispickel, le wolfram montre la parenté des filons aurifères de Salsigne-Villanière avec les filons stannifères.

Enfin la présence du tungstène à Villanière permet de compléter les « frappantes analogies », déjà remarquées par M. Legraye, entre les gîtes aurifères du Cabardès et certains gisements brésiliens, de minéralisation comparable : le tungstène est en effet connu dans le gisement de Morro-Velho ([3]), et en outre des échantillons de la Collection de l'École des Mines, rapportés par M. Altmayer en 1929 de Cavallo Branco (près de Semidouro, État de Minas-Geraes), montrent l'association de l'or avec la scheelite (tungstate de chaux) et la stolzite (tungstate de plomb).

MICROPALÉONTOLOGIE. — Schizosphærella, *un nouveau microfossile méconnu du Jurassique moyen et supérieur.* Note de MM. **Georges Deflandre** et **Louis Dangeard**, présentée par M. Maurice Caullery.

Sous le nom de Schizosphères, nous désignons de minuscules microorganismes calcaires d'origine planctonique, rencontrés simultanément par l'un de nous durant ses recherches sur les microfossiles jurassiques et par

---

([2]) H. Raguin et H. Vincienne, *Comptes-rendus,* 204, 1937, p. 1953.

([3]) Lindgren, *Mineral Deposits,* New-York and London, 1933, p. 676.

l'autre au cours de ses travaux sur la géologie normande. A notre connaissance, ces microorganismes n'ont pas encore été décrits; leur fréquence, toutefois, laisse supposer qu'ils ont pu être méconnus, et nous proposons pour eux la dénomination de *Schizosphærella* n. g. *punctulata* n. sp.

Schizosphærella punctulata se présente sous la forme d'une coque calcaire globuleuse; de 12 à 30$^{\mu}$ environ, constituée de deux valves dissemblables, souvent désarticulées et libres. L'une de ces valves, plus profonde (hypovalve) porte sur son bord une sorte de gouttière circulaire dans laquelle

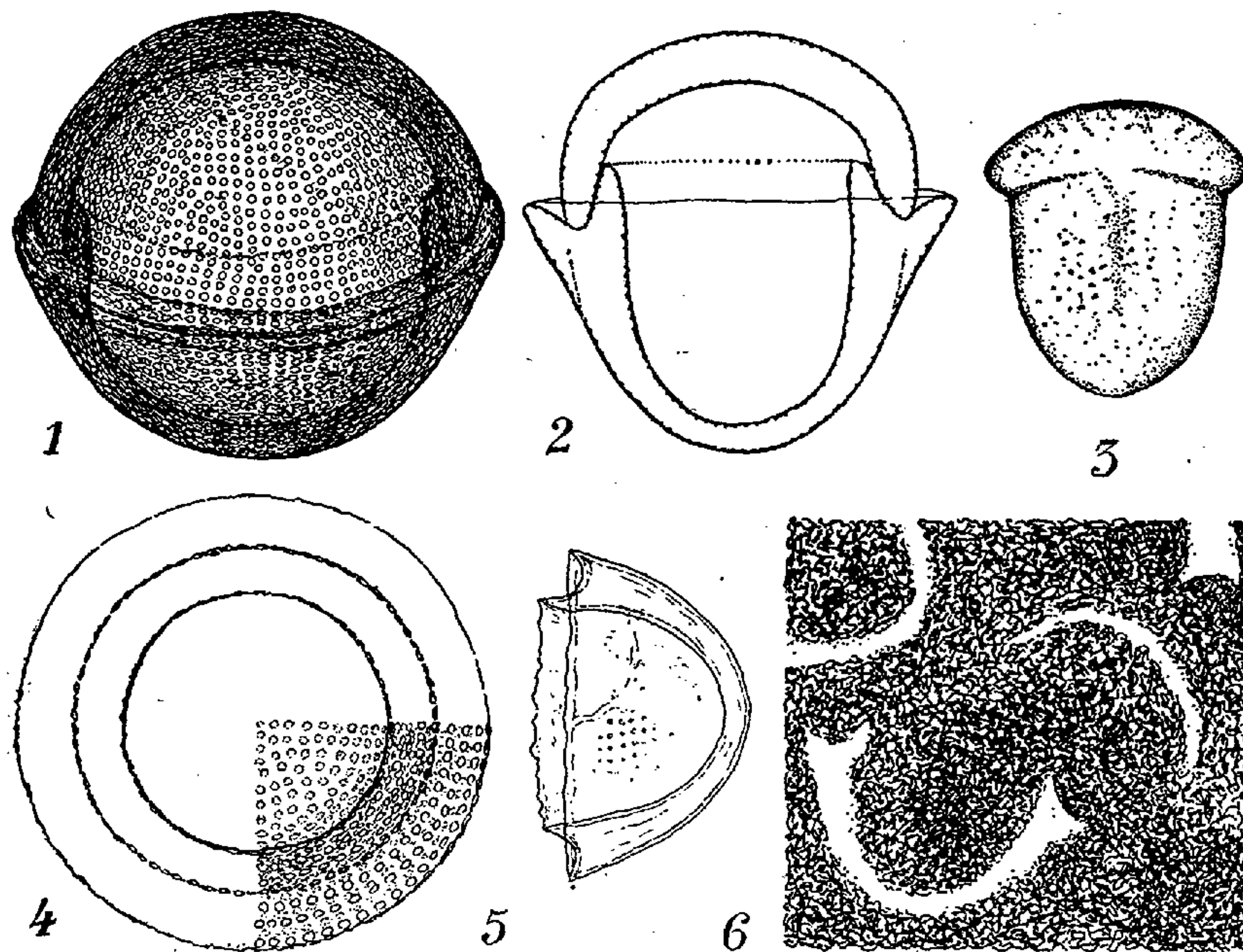


Fig. 1 à 6. — *Schizosphærella* n. g. *punctulata* n. sp. : 1, vue un peu oblique; 2, coupe optique médiane en vue frontale; 3, moule interne glauconieux; 4, hypovalve en vue équatoriale (l'ornementation n'est figurée qu'en partie); 5, hypovalve provenant du calcaire bréchoïde; 6, aspect dans un pisolithe, en lame mince. Grossissements : figures 1 à 5 : 1875; figure 6 : 1125 environ.

s'emboîte étroitement la seconde valve (épivalve), formée d'une simple calotte ou cupule. Les deux valves sont ornementées de ponctuations, parfois irrégulières, généralement disposées concentriquement et plus ou moins selon des méridiens. En vue polaire, l'hypovalve surtout (*fig.* 4), mais aussi l'épivalve, par suite de cette disposition de l'ornementation, ressemblent étonnamment à des Diatomées. La présence de deux valves emboîtées accroît encore la ressemblance avec ce groupe d'algues siliceuses, dont les Schizosphères s'éloignent totalement par la composition

calcaire du test. Nous discuterons ailleurs de leur position systématique, fort difficile à établir, aucun Protiste actuel ne présentant des caractères semblables, ou même voisins, autorisant un rapprochement.

L'importance toute particulière des Schizosphères réside en première analyse 1° dans leur abondance; 2° dans la manière dont elles sont fossilisées; 3° dans leur distribution stratigraphique déjà assez large; 4° dans leur aspect spécial, ayant pu prêter à confusion.

Schizosphærella punctulata, dont le type est pris à Villers, pullule dans une des couches oxfordiennes à *Quenstedticeras Mariæ*, où la fossilisation semble ne l'avoir altérée en rien. Nous n'avons pas encore étudié sa répartition dans les autres couches de cette même localité. Dans les assises bajociennes de Sainte-Honorine, *Schizosphærella*, toujours répandue, se présente sous des aspects fort intéressants : libre, les valves souvent dissociées et avec une texture apparemment plus homogène qu'à Villers, dans le calcaire bleu et dans le calcaire jaune bréchoïde (*fig.* 5); dépourvue la plupart du temps de son ornementation et montrant une texture assez analogue, dans les pisolithes (*fig.* 6), enfin à l'état de moules glauconieux (*fig.* 3) dans la *couche verte* (zone à *A. Sauzei*), où les valves sont aussi souvent bien visibles. Toujours identifiables sans hésitation, les Schizosphères se retrouvent encore dans les localités suivantes : Sully et May-sur-Orne. Ainsi, leur présence est démontrée du Bajocien moyen à l'Oxfordien inférieur.

Enfin nous attirons spécialement l'attention sur le fait que, si l'on s'adresse surtout à des spécimens comme celui de la figure 5, il est à peu près impossible de différencier les Schizosphères des valves, presque pareillement ornementées, de certaines Diatomées appartenant au genre *Pyxidicula* Ehr.

MÉTÉOROLOGIE. — *Étude de la lumière diffusée par les particules en suspension dans l'air.* Note de M. **Henri Grisollet**, présentée par M. Charles Fabry.

La méthode utilisée pour l'étude de la lumière diffusée par les particules en suspension dans l'air, ainsi que les résultats généraux de cette étude, ont déjà été exposés [1].

---

(1) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1872, et 206, 1938, p. 1912.

La présente Note a plus spécialement pour objet de montrer comment se répartissent les différentes valeurs de quelques-uns des éléments mesurés et de comparer les diagrammes de diffusion établis expérimentalement avec certains résultats théoriques.

1° *Mesures de polarisation.* — Nous disposons de 269 valeurs de la fraction f de lumière polarisée contenue dans le flux diffusé à 90° du faisceau parallèle incident; chacune de ces valeurs est, en fait, la moyenne d'une dizaine de déterminations effectuées en un temps très court. Voici quelle est la fréquence, exprimée en nombre de cas pour cent, des diverses valeurs de f :

f	0,10 à 0,15.	0,15 à 0,20.	0,20 à 0,25.	0,25 à 0,30.	0;30 à 0,35.	0,35 à 0,40.	0,40 à 0,45.	0,45 à 0,50.
Fréquence	3,0	12,6	4,5	8,9	18,2	40,2	11,9	0,7

Cette répartition accuse deux maxima assez nets.

2° *Diagrammes de diffusion.* — Nous caractérisons l'allongement du diagramme de diffusion suivant la direction de propagation de la lumière incidente, par le quotient : intensité de la lumière diffusée à 30°/intensité de la lumière diffusée à 90°, quotient que nous notons R(30)/R(90). Ces quotients offrent la distribution suivante, exprimée en nombre de cas pour 100.

$\frac{R(30)}{R(90)}$	0 à 20.	20 à 40.	40 à 60.	60 à 80.	80 à 100.	100 à 120.	120 à 140.	140 à 160.	160 à 180.	180 à 200.	200 à 220.
Fréquence	7,5	48,6	17,1	10,2	1,4	1,4	0,0	1,4	2,1	8,9	1,4

Ici encore deux maxima de fréquence apparaissent. Or, comme la proportion de lumière polarisée contenue dans le flux diffusé et l'allongement du diagramme de diffusion sont en relation avec le rayon des éléments diffusants, on peut conclure des courbes de fréquence précédentes que les particules microscopiques, en suspension dans les atmosphères étudiées, présentaient des rayons qui se groupent autour de deux valeurs de fréquence maxima.

Nous indiquerons maintenant, au moyen des quotients R(θ)/R(90), quelle est la forme du diagramme de diffusion le plus allongé (diagramme 1) et celle du diagramme le plus ramassé (diagramme 4) que nous avons déterminés; ces deux diagrammes caractérisent les particules de dimensions extrêmes rencontrées durant ce travail. Enfin, les diagrammes 2 et 3 se rapportent aux deux maxima de fréquence signalés plus haut, pour le quotient R(30)/R(90).

Diagramme.	R(30)/R(90).	R(45)/R(90).	R(135)/R(90).	R(150)/R(90).
1...............	209	24	0,3	0,03
2...............	182	26	0,2	0,08
3...............	25	12	0,6	0,4
4...............	12	10	0,5	0,4

Il est intéressant de rapprocher de ces résultats expérimentaux ceux que fournit l'étude théorique effectuée par G. Mie ([2]) sur la diffusion de la lumière par de fines particules sphériques. En choisissant comme longueur d'onde efficace de la lumière incidente la valeur $0^{\mu},50$, voici, pour différents rayons ρ des éléments diffusants, les caractères des diagrammes de diffusion correspondants :

ρ.	R(30)/R(90).	R(45)/R(90).	R(135)/R(90).	R(150)/R(90).
$0^{\mu},12$............	4,7	3,5	0,5	0,5
0,13............	16,0	7,6	0,5	0,4
0,14............	23,9	10,6	0,5	0,4
0,15............	29,8	12,7	0,5	0,4
0,24............	52,5	21,5	0,5	0,3
0,95............	84,0	25,5	14,7	15,5

Nos diagrammes expérimentaux 3 et 4 se rapprochent des diagrammes théoriques précédents se rapportant à des rayons de particules de $0^{\mu},13$ ou $0^{\mu},14$. Mais nos diagrammes très allongés (1 et 2) ne sont pas identifiables à ceux de la théorie, laquelle conduit, pour des quantités R(30)/R(90) de l'ordre de 200, à des rayons manifestement excessifs.

ALGOLOGIE. — *Sur un nouveau genre de Céramiacée de la Méditerranée.* Note de Mme **Geneviève Feldmann-Mazoyer**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Au cours d'excursions algologiques dans le port d'Alger j'ai récolté, à plusieurs reprises, mais en petite quantité, en octobre et novembre, une petite Céramiacée rampante formant des gazons ras sur des coquilles de Patelle ou sur les rochers verticaux ombragés de la jetée de l'Agha. Par comparaison avec l'échantillon type j'ai pu identifier cette Algue au *Callitham-*

([2]) *Annalen der Physik*, 25, 1908, p. 377.

nion tingitanum (Schousbœ) Bornet ([1]) qui d'après Schmitz ([2]) appartiendrait au genre *Antithamnion*.

C'est également à cette espèce qu'il faut rapporter la plante stérile décrite de Naples par *Funk* ([3]) sous le nom de *Callithamnion* (?) *Ægagropilæ*.

Une étude attentive de cette Algue m'a permis de constater qu'elle ne pouvait être rapportée ni au genre *Callithamnion* Lyngbye, ni au genre *Anthithamnion* Nägeli, mais qu'elle devait constituer le type d'un genre distinct, *Callithamniella* nov. gen.

La région rampante de la fronde du *Callithamniella tingitana* (Schousbœ) comb. nov. adhère étroitement au substratum sur lequel elle se fixe par des rhizoïdes unicellulaires qui naissent de la cellule basale des rameaux et dont l'extrémité forme un crampon plus ou moins digité. Dans des germinations obtenues au laboratoire j'ai néanmoins observé de très longs rhizoïdes pluricellulaires.

Chaque rhizoïde naît d'une cellule basale des rameaux qui peuvent dans certains cas ne pas se développer.

Les rameaux principaux sont constitués de cellules allongées donnant généralement naissance vers leur quart supérieur à deux sortes de rameaux : les uns à croissance indéfinie, les autres à croissance définie.

Les rameaux à croissance définie naissent isolément sur les rameaux à croissance indéfinie.

Ils sont disposés sur une spirale tournant de gauche à droite, la divergence entre deux rameaux successifs est de 1/4 ou plus souvent 1/2. Ces rameaux à croissance définie de l'axe dressé sont simples, tandis que ceux de la région rampante sont soit simples, soit ramifiés, la ramification dans ce dernier cas se faisant généralement à partir de la troisième cellule. Les cellules de ces rameaux sont généralement deux fois plus hautes que larges et ont un diamètre d'un dizaine de μ.

Les rameaux à croissance indéfinie naissent de deux façons :

1° Aux dépens d'une cellule d'un rameau long rampant ou dressé en remplacement d'un rameau à croissance définie.

2° Aux dépens d'une des cellules inférieures d'un rameau à croissance

---

([1]) *Mém. Soc. nat. et math. de Cherbourg*, 28, 1892, p. 329.

([2]) *Ber. d. D. Bot. Ges.*, 11, 1893, p. 273.

([3]) *Beihefte zum Botanischen Centr.*, XXXIX, Abt. II, p. 236, Taf. V, fig. 15-16, 1922.

définie qui donne naissance latéralement à un rameau à croissance indéfinie qui naît généralement de la cellule la plus inférieure du rameau à croissance définie sauf lorsque celle-ci porte un rhizoïde (caractère qui se retrouve dans l'*Antithamnion cruciatum*).

Les cellules présentent un seul noyau pariétal et de nombreux chromatophores, arrondis dans les cellules courtes, allongés et fusiformes dans les cellules longues.

La disposition des tétrasporanges est tout à fait particulière. Contrairement à ce qui a lieu chez les *Callithamnion*, *Antithamnion*, *Spermathamnion*, etc. où ils naissent latéralement sur les rameaux latéraux à croissance définie, les tétrasporanges du *Callithamniella tingitana* sont insérés sur les rameaux à croissance indéfinie, tantôt opposés à un rameau à croissance définie, tantôt insérés au voisinage de son point d'insertion. Ils sont portés par un pédicelle unicellulaire et régulièrement divisés à division cruciée. Je n'ai pas observé d'organes sexuels qui sont encore inconnus chez cette Algue.

Par son mode de ramification très particulier et par ses tétrasporanges cruciés insérés sur les rameaux à croissance indéfinie, cette Algue s'éloigne nettement des genres *Callithamnion* et *Antithamnion* auxquels elle avait été précédemment rapportée.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les échanges respiratoires des tissus végétaux en culture*. Note de M. **Lucien Plantefol**, présentée par M. Marin Molliard.

L'étude des échanges respiratoires des cultures de tissus végétaux constitue un problème très délicat. *A priori*, il semble que la meilleure méthode pour l'aborder soit la suivante : expérimenter sur une culture, au cours même de son développement, mesurant, à temps réguliers, les échanges réalisés; ainsi doit être tracée l'histoire individuelle d'une culture, exprimée par une courbe continue.

L'avantage principal d'une telle méthode, c'est qu'elle fournit des résultats qui sont directement comparables entre eux : on peut donc espérer qu'elle permette de déterminer par leur retentissement sur le phénomène respiratoire, les diverses périodes physiologiques rencontrées au cours de la culture. Mais il y a deux inconvénients inévitables : d'une part il est impossible, pour la culture ainsi suivie, d'établir exactement le rapport

entre la respiration et la masse des tissus, qu'ils soient primitifs ou néoformés : une fois la croissance commencée, l'impossibilité de connaître le poids sec à chaque moment empêche d'exprimer l'intensité respiratoire en la rapportant aux unités habituelles (centimètres cubes de gaz échangés par gramme de matière sèche et par heure); d'autre part on ne peut éviter la présence du milieu de culture lui-même dans l'enceinte où les échanges gazeux se réalisent.

J'ai appliqué cette méthode à quelques cultures de cambium du Saule Marsault (*Salix Capræa*) que M. R. Gautheret m'a fourni et qui étaient préparées d'après sa technique [1]; elles appartenaient à deux séries successives (25 avril et 10 mai). Le tube à culture, très court, était placé dans un tube un peu plus large portant un bouchon rodé, avec robinet. Un échantillon du gaz de cette enceinte était extrait après un temps convenable. Pour causer à la culture le trouble le plus faible qu'il soit possible, la pression gazeuse n'était pas abaissée, dans le tube à culture, au-dessous de 80^{mm} de mercure. L'échantillon prélevé était soumis à l'analyse. La connaissance des conditions de volume, pression et température permettait le calcul des échanges.

Les résultats obtenus pour six cultures, sur milieu glucosé, figurent dans le tableau ci-dessous. Des fragments mis en culture ayant des dimensions et par suite des masses différentes, on a rapporté les résultats obtenus au poids sec de chaque fragment, déterminé une fois l'expérience terminée; ceci implique l'hypothèse que, durant la culture, il n'y aurait pas eu de variations du poids sec. Les nombres expriment des millimètres cubes de CO^2 dégagés par gramme de tissu sec et par heure.

Nombre de jours...	1.	2.	3.	4.	5-6.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16-17.	33.
Lot 1 (25 avril)...			341	435		436		288						
» 2 (»)...							518	494	475	354		316		
» 3 (10 mai)....		229	312	420	405						283	257	250	114
» 4 (»)....	172		326		284						275	316	235	141
» 5 (»)....	190	260	320	447										150
» 6 (»)....	177	230	265		377						262		292	134

On voit que les valeurs obtenues par les divers échantillons sont assez concordantes. On peut dire que, partant d'une valeur moyenne de 0$^{cm^3}$,180 de CO^2 produit par gramme de tissu sec et par heure, on voit dans les 4 à 10

(1) Thèse de la Faculté des Sciences de Paris, 1935.

premiers jours cette intensité s'élever à un maximum qui fait plus que doubler l'intensité primitive, puis redescendre lentement à cette valeur, après plus de 20 jours.

Au moment où les expériences concernant les 4 derniers lots sont arrêtées, l'examen des fragments de tissu montre qu'il ne s'est produit aucune croissance appréciable, alors que dans les témoins placés sur semblable milieu, mais non soumis à ces expériences, s'est déjà développé, vers le haut du fragment, le tissu de néoformation, blanchâtre, qui caractérise la culture qui s'accroît; ici, au contraire, chaque cambium, épais et dur dans sa portion inférieure qui plonge dans le milieu nutritif, paraît aminci et un peu desséché dans sa portion supérieure.

Même s'il s'agit là de tissu dont une partie est déjà morte, les résultats obtenus présentent un intérêt très net : ils montrent qu'à la suite de la mise en culture et pendant un certain nombre de jours (de 4 à 10 environ), l'intensité respiratoire du fragment croît; après passage par un maximum, elle réalise une décroissance progressive. On attendait dans une troisième période, qui serait manifestée par les phénomènes de croissance, une nouvelle augmentation du phénomène respiratoire, non rencontrée avec la méthode utilisée.

Ces résultats rendent nécessaire de montrer que l'augmentation de l'intensité respiratoire et la diminution qui la suit, sont bien des faits physiologiques, caractéristiques de la culture et non la conséquence des opérations auxquelles les fragments sont soumis. La preuve en est donnée déjà par le lot 2 : c'est le premier jour où il est mis en expérience (10ᵉ jour de culture) qu'il fournit la plus forte intensité; les jours suivants, les valeurs décroissent. D'autres expériences faites plus tardivement (50ᵉ jour de culture) pendant 3 jours consécutifs, sur des fragments présentant une quantité notable de tissu néoformé (de 3 à 10 mg-sec), ne montrent pas davantage d'augmentation de l'intensité respiratoire de la première à la troisième détermination.

Ainsi cette méthode révèle, au début de la culture des tissus végétaux, l'existence de deux périodes physiologiques consécutives, marquées par une augmentation, puis une diminution de l'intensité respiratoire. Elle ne permet pas, sous la forme utilisée, l'étude continue des cultures, durant la période où s'instaure la croissance.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur l'induction de la polyploidie dans les céllules somatiques de quelques Graminées par action des vapeurs d'acénaphtène.* Note de M. **Pierre Gavaudan**, Mme **Noélie Gavaudan** et M. **Joseph Durand**, présentée par M. Louis Blaringhem.

A. P. Dustin a signalé la propriété mito-inhibitrice de la colchicine ([1]); nous avons découvert la possibilité d'obtenir le nombre double des chromosomes chez les végétaux en utilisant cet alcaloïde ([2]); les efforts de nombreux savants, après les découvertes de A. F. Blackeslee ([3]), ont été consacrés à la production de vègétaux polyploïdes par la voie chimique. On a étudié un grand nombre de substances mito-inhibitrices et l'on en a trouvé de nouvelles présentant cette propriété; telles sont l'éthyl-phosphate de mercure dont l'emploi a été suggéré par Sass (1938) et surtout l'acénaphtène utilisé par Kostoff ([4]) avec succès.

Avec cet hydrocarbure dérivé du naphtalène $[C^{10}H^6(CH^2)^2]$ non seulement Kostoff a obtenu le bloquage des mitoses et des figures de polyploïdie, mais il a réussi à créer plusieurs plantes polyploïdes. Les résultats de Kostoff, contestés par Nebel ([5]), ont été confirmés par nous dans un précédent travail ([6]). Nous avons montré sur *Triticum vulgare* que l'acénaphtène agissait bien de la même façon que la colchicine et que le fuseau, agent essentiel de la caryocinèse normale, était atteint d'une façon élective; il n'est pas détruit, mais perd son orientation spéciale, d'ordre probablement moléculaire, qui lui confère normalement l'aspect fibrillaire qu'on trouve après action des fixateurs. Nous préciserons trois points relatifs au mode d'action de l'acénaphtène : action des vapeurs, activité à faibles doses, phénomènes de régénération fusoriale.

Les essais ont porté sur des germinations de *Triticum vulgare* et *Hordeum distichum erectum*. Dans nos premières expériences nous avons suivi la technique initiale préconisée par Kostoff, c'est-à-dire le contact direct des

---

([1]) *Bull. Acad. Roy. Méd. Belg.*, **14**, 1934, p. 487-505.

([2]) P. Gavaudan, N. Gavaudan et N. Pomriaskinski-Kobozieff, *C. R. Soc. Biol.*, **125**, 26 juin 1937, p. 705; P. Gavaudan et N. Gavaudan, *C. R. Soc. Biol.*, **126**, 1937, p. 985, et **128**, 1938, p. 714.

([3]) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 476.

([4]) *Nature*, **141**, 1938, p. 1114, et **142**, 1938, p. 753.

([5]) *Nature*, **142**, 1938, p. 257.

([6]) P. Gavaudan, N. Gavaudan et J. Durand, *C. R. Soc. Biol.*, **129**, 1938, p. 559.

germinations avec un excès d'acénaphtène. Kostoff a indiqué par la suite ([4]) que ce sont les particules sublimées d'acénaphtène qui sont actives. Nous avons vérifié ce fait en faisant germer les graines en chambre humide sur une toile de bronze située à une distance variable de l'acénaphtène ou plus commodément en recouvrant l'intérieur du couvercle d'une boîte de Petri d'une mince couche de la substance obtenue par évaporation d'une solution éthérée. Nous avons aussi disposé les germinations sous des cloches obturées par joint hydraulique, en présence de surfaces de verre recouvertes d'acénaphtène par le même procédé.

En boîte de Petri, dans une atmosphère immédiatement saturée en vapeurs d'acénaphtène, nous avons observé qu'au bout d'une heure (températures de 20° à 30°) toutes les mitoses étaient bloquées au stade de pseudo-métaphase. De l'étude chronologique des diverses phases du bloquage il semble ressortir comme premier résultat que l'action de l'acénaphtène est aussi rapide que celle de la colchicine. Il faut noter à ce propos que le premier de ces corps est pratiquement insoluble dans l'eau alors que le second est à la fois soluble dans l'eau et dans certains solvants organiques.

En atmosphère saturée d'acénaphtène les premiers symptômes d'altération dans la formation et le fonctionnement du fuseau sont manifestes au bout de 30 à 40 minutes (20° à 30°). Il est possible qu'une grande partie de ce temps de latence soit employée à la pénétration des vapeurs d'acénaphtène jusqu'à l'établissement de la concentration active dans la cellule.

A la température du laboratoire, au bout de 48 heures, on constate chez *Hordeum distichum erectum* une polyploïdie intense provoquée par les vapeurs à saturation. Dans la racine où $2n = 14$ nous avons trouvé fréquemment des cellules à $4n$ et $8n$, c'est-à-dire à 28 et 56 chromosomes.

Il n'est pas nécessaire d'employer de grandes quantités d'acénaphtène avec les germinations de Graminées; des doses faibles arrêtent les caryocinèses; un dixième de milligramme étalé en couche mince par la technique indiquée plus haut suffit pour 20 germinations sous une cloche de 1500^{cm^3}. Au bout de 6 heures, par exemple, dans les expériences réalisées à 20° dans ces conditions, beaucoup de mitoses étaient bloquées. D'autre part nous avons trouvé un certain nombre de mitoses plus ou moins aberrantes suivies de cloisonnements anormaux. Dans d'autres essais à la même température avec un dixième de milligramme, la totalité des mitoses était bloquée au bout de 10 heures.

Quand l'action de l'acénaphtène est insuffisante ou cesse de s'exercer, on observe des transitions entre les mitoses normales et les mitoses bloquées. Ces processus sont caractérisés par la pluripolarité fusoriale, par le cloisonnement anarchique des cellules en résultant et par l'aspect extrêmement irrégulier des noyaux et de l'appareil nucléolaire. Ces phénomènes dus à la régénération fusoriale sont analogues à ceux décrits par A. Levan (7), dans les racines colchicinées d'*Allium*.

En résumé, dans ses effets généraux, l'action des vapeurs d'acénaphtène sur les tissus somatiques des Graminées est identique à celle de la colchicine, objet des études actuelles des généticiens; l'acénaphtène présente des avantages dans certains cas de production de la polyploïdie.

GÉNÉTIQUE. — *Sur l'hérédité des mutations tétraploïdes de* Petunia *obtenues après application de colchicine*. Note de M. **Marc Simonet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

En collaboration avec P. Dansereau, R. Chopinet et G. Souilijaert, nous avons fait connaître (1) qu'après application d'une solution de colchicine sur *Petunia*, *Raphanus* et divers *Linum*, nous avions réussi à provoquer l'apparition de plusieurs variations tétraploïdes.

Ces mutations se manifestèrent par des fleurs, des inflorescences, des feuilles plus grandes que celles des plantes témoins; gigantisme accompagné non seulement de tétraploïdie, mais encore de caractères morphologiques nouveaux, tels que : végétation plus tardive et feuillage légèrement charnu. De plus, l'examen du pollen a montré que les grains bien conformés, tout en étant plus volumineux, n'étaient plus que dans la proportion de 40 à 60 pour 100, alors qu'il y en avait 95 pour 100 dans les plantes des lots de contrôle.

La présente Note a pour objet de faire connaître les premiers résultats des recherches que nous avons effectuées au Centre de Recherches Agronomiques de Provence (Villa Thuret), sur la descendance actuellement obtenue à partir des variations tétraploïdes de *Petunia*, dont la végétation particulièrement rapide se prêtait admirablement à de telles études.

---

(7) *Hereditas*, 29, 1938, p. 471-486.

(1) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1832-1834; 207, 1938, p. 85-87; *C. R. Acad. Agric.*, 24, 1938, p. 846-850.

La première difficulté est d'obtenir des graines viables de ces mutations, d'autant plus que, outre le grand intérêt qu'il y a de suivre leur descendance, ces graines sont nécessaires puisque toutes les plantes traitées à la colchicine sont à végétation annuelle.

De l'autofécondation et de l'intercroisement des diverses variations réalisées chez *Petunia*, nous avons obtenu une cinquantaine de capsules. Les graines de sept d'entre elles ont été semées dès juillet 1938 ainsi que, pour comparaison, celles des plantes n'ayant subi aucun traitement chimique; leur germination fut parfaite dans les deux cas.

Après un repiquage et un rempotage, les jeunes plantes commencèrent à fleurir, les témoins le 14 septembre, les mutants le 5 octobre. Toutes les plantes, actuellement en fleurs sont semblables à celles dont elles sont issues.

Les descendants des plantes tétraploïdes, présentés le 30 octobre à l'Assemblée générale de la Société d'Horticulture pratique de Nice, montrèrent donc les mêmes caractéristiques que celles que nous avions observées chez les variations de bourgeons provoquées après application de colchicine : le gigantisme, surtout en ce qui concerne la grandeur des fleurs, est d'une constance remarquable, aussi bien d'ailleurs que la tardivité de la végétation et la texture charnue du feuillage; le pollen est semblable, en ce sens, que les grains bien conformés sont également plus volumineux et le pourcentage est resté le même, c'est-à-dire de 40 à 60 pour 100. Le gigantisme des grains de pollen, facilement décelable, mesurable avec précision et ne subissant guère l'influence du milieu, est, à notre avis, un des indices de la polyploïdie qui présente le plus de constance; on jugera alors de son importance et de son utilité pour la poursuite de telles recherches.

L'analyse caryologique d'une dizaine de plantes, prises parmi les sept lots actuellement en culture, nous a permis de constater que la tétraploïdie s'est aussi maintenue intégralement. Toutes sont à $n = 14$. Toutefois, par suite de la présence d'aberrations chromosomiques à la méiose des rameaux qui ont muté, il doit exister de la polysomie.

Nos observations sur la méiose de ces dix plantes, de cette F. 2 pourrions-nous écrire, a encore montré qu'à la métaphase hétérotypique, il existe des anomalies caryologiques du même ordre que celles que nous avions découvertes précédemment chez les mutants apparus après traitement à la colchicine : présence d'éléments tétravalents, trivalents, bivalents et monovalents. La disjonction des chromosomes est irrégulière,

avec répétition, à la métaphase homéotypique, des répartitions le plus souvent anormales, déjà notées 14 + 14, 15 + 13, 14 + 13 + 1 et 16 + 12. Ces irrégularités aboutissent à la formation de tétrades irrégulières à 4-7 cellules et à un pollen partiellement fertile.

Les observations qui viennent d'être exposées montrent que les mutations qui ont été provoquées sous l'action de la colchicine sont tout à fait héréditaires et confirment les résultats pratiques que nous attendions de telles variations de bourgeons ([2]).

La particularité de beaucoup la plus importante de l'action de la colchicine dans ces expériences est que la lignée germinale a été touchée et qu'elle transmettra toutes les caractéristiques nouvelles de la mutation obtenue.

L'importance de ces résultats n'échappera à personne, puisque, à notre sens, c'est en effet la première fois que l'on provoque, presque à volonté, et dans un sens donné, des mutations héréditaires. Les techniques employées, soit par trempage de graines dans une solution aqueuse de colchicine, soit par dépôt du même alcaloïde à l'aisselle des feuilles de plantes rabattues, sont si simples que l'on peut espérer les voir entrer très rapidement dans le domaine pratique : en génétique, dans l'amélioration de nos espèces utiles (animales et végétales) ; en biologie, dans tout ce qui touche de près ou de loin aux nombreux problèmes de la variation et de l'évolution.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la fluorescence du cristallin.* Note de M. **Yves Le Grand**, présentée par M. Charles Fabry.

Les nombreuses recherches ([1]) qui concernent l'influence de l'ultraviolet sur l'œil des vertébrés ont montré que l'absorption et la fluorescence provenaient surtout du cristallin. Nous avons déterminé la courbe spectrale énergétique du rayonnement que le cristallin de mouton émet par fluorescence lorsqu'on l'irradie avec l'ultraviolet de longueur d'onde 366 ou $313^{m\mu}$. Cet ultraviolet était émis par une lampe à vapeur de mercure en quartz et isolé par un monochromateur comprenant deux prismes de Cornu. Dans le prolongement du monochromateur se trouvait un spectrographe à deux

([2]) *Rev. Hort.*, 26, 1938, p. 159-161.

([1]) Voir en particulier les travaux cités par Ch. Dhéré dans son Ouvrage, *La fluorescence en biochimie*, p. 89, Paris, 1937.

prismes de flint, avec chambre photographique de grande ouverture (f:3,5). La fente de sortie du monochromateur et la fente d'entrée du spectrographe étaient séparées par un intervalle d'un centimètre environ, dans lequel on suspendait le cristallin extrait d'un œil frais (mouton abattu la nuit précédente, yeux conservés en glacière jusqu'à l'expérience). Malgré l'emploi de plaques panchromatiques très sensibles et de fentes assez larges, correspondant à un intervalle spectral d'environ $3^{m\mu}$ vers $0^{\mu},5$, il était nécessaire de poser au moins pendant une heure. On enregistrait sur la même plaque des spectres de comparaison provenant d'une lampe à incandescence étalonnée. Les clichés étaient dépouillés au microphotomètre enregistreur.

Nous avons étudié sur quatre cristallins le rayonnement émis par fluorescence, deux d'entre eux étant irradiés par $366^{m\mu}$, et les deux autres par $313^{m\mu}$. Les quatre clichés ont conduit très sensiblement au même résultat : l'énergie rayonnée dans un intervalle constant de longueur d'onde passe par un maximum vers $425^{m\mu}$, puis décroît régulièrement et s'annule vers $0^{\mu},6$. Le tableau ci-dessous donne, en fonction de la longueur d'onde λ, en $m\mu$, la moyenne des quatre mesures de cette énergie spectrale E, en valeur relative.

λ......	400.	405.	410.	415.	420.	425.	430.	435.	440.	445.	450.	455.	460.
E....	50	62	73	83	97	100	97	92	87	81	76	71	65
λ......	465.	470.	475.	480.	485.	490.	495.	500.	505.	510.	515.	520.	525.
E....	61	56	51	45	40,5	34,5	30	24,8	19,4	15	12,8	11,3	9,8
λ......	530.	535.	540.	545.	550.	555.	560.	565.	570.	575.	580.	585.	590.
E....	9,3	8,3	7,5	6,6	5,7	5,3	4,7	3,9	3,2	2,7	1,8	1,3	0,7

A partir de ces résultats, on peut déterminer l'effet lumineux du rayonnement de fluorescence. En utilisant les notations colorimétriques préconisées en 1931 par la Commission internationale de l'Éclairage, on obtient les coefficients trichromatiques

$$x = 0,153, \qquad y = 0,085, \qquad z = 0,762.$$

Si l'on adopte comme lumière blanche la source C définie par la même Commission, on peut aussi repérer la lumière émise par sa longueur d'onde dominante et l'un de ses facteurs de pureté :

Longueur d'onde dominante....................	$468^{m\mu}$
Pureté d'excitation............................	0,87
Pureté colorimétrique..........................	0,64

(On sait que la pureté d'excitation est définie par un rapport de longueurs dans le triangle des couleurs, et la pureté colorimétrique par un rapport de brillances visuelles : on reproduira l'aspect de la lumière de fluorescence en mélangeant une brillance 0,64 de lumière monochromatique bleue de longueur d'onde $468^{m\mu}$ avec une brillance 0,36 de lumière blanche C.)

Afin d'appliquer ces résultats à la vision humaine, on peut faire les hypothèses suivantes :

1° les milieux de l'œil humain, y compris la rétine, sont analogues au cristallin du mouton, pour la fluorescence;

2° l'excitation directe de la rétine par l'ultraviolet donnerait la même sensation que le violet extrême $0^{\mu},4$;

3° cette excitation directe se compose avec la lumière de fluorescence suivant les règles colorimétriques.

On en déduit que l'ultraviolet apparaîtra avec une longueur d'onde dominante comprise entre 400 et $468^{m\mu}$, et une pureté d'excitation de l'ordre de 0,9 : donc comme un bleu saturé. C'est ce qu'a constaté récemment Gaydon (2) : l'ultraviolet compris entre 310 et $360^{m\mu}$ lui paraissait identique au bleu de longueur d'onde $453^{m\mu}$.

CYTOPHYSIOLOGIE. — *Sur l'action de la folliculine dans les transformations expérimentales des organismes mâles en intersexués ou en femelles.* Note (1) de M. **Philippe Joyet-Lavergne**, transmise par M. Arsène d'Arsonval.

Des nombreux résultats apportés par les études récentes sur l'action de la folliculine se dégage la conclusion suivante : il est possible d'obtenir, par une action convenable de cette hormone, l'apparition, chez un mâle, de caractères féminins. On a pu ainsi réaliser des phénomènes d'intersexualité ou des changements de sexes. Les descriptions des auteurs apportent des renseignements intéressants sur les transformations morphologiques et histologiques provoquées par la folliculine. Ces renseignements font ressortir la force considérable de l'hormone. C'est une substance qui, à très faible dose, est capable de dominer le déterminisme génétique du mâle; mais le mécanisme suivant lequel se réalise cette puissante action n'est pas connu. Wolff a envisagé l'un des aspects de ce problème; il a obtenu des

(2) *Proc. of the Phys. Soc.*, 50, 1938, p. 714.

(1) Séance du 28 novembre 1938.

résultats qui parlent en faveur d'une action directe de l'hormone sur la sphère génitale ([2]).

Nos recherches ont pour but la détermination des précisions suivantes : 1° la folliculine exerce-t-elle une action directe sur la cellule vivante et quelle est la nature de cette action ? 2° dans quelle mesure la nature de l'action exercée permet-elle de comprendre les transformations expérimentales des mâles en intersexués et en femelles ?

On sait que les changements de sexes et les phénomènes d'intersexualité peuvent être provoqués par les facteurs les plus divers, mais, quand les conditions physicochimiques corrélatives de ces phénomènes se trouvent précisées, un caractère général se dégage de cette diversité car on peut constater que l'orientation sexuelle nouvelle s'accomplit conformément aux lois de sexualisation ([3]). En est-il de même dans le cas du facteur folliculine ?

Nous avons étudié l'action, sur la cellule vivante, de deux sortes de solutions aqueuses de folliculine Roussel : 1° une solution dans le liquide de Ringer contenant $2^{mg},5$ de folliculine par litre; 2° une solution dans le liquide de Ringer glucosé contenant la même proportion d'hormone. Le type cellulaire choisi est la cellule de la glande salivaire de la larve de Chironome. Dans chaque expérience on compare entre elles des cellules qui, provenant du même animal, sont placées dans des conditions rigoureusement semblables, le seul facteur différent étant l'action de la folliculine. Pour apprécier le pouvoir oxydant des cellules étudiées nous utilisons les méthodes que nous avons préconisées antérieurement : action des leucodérivés ou action d'une solution de chlorure de cobalt. Le réactif utilisé pénètre dans la cellule vivante et, là, il subit un phénomène d'oxydation qui le colore. L'apparition plus ou moins rapide de la coloration et l'intensité que peut atteindre cette coloration en un temps déterminé permettent d'apprécier le pouvoir oxydant de la cellule. Les réactifs les plus favorables ont été le leucodérivé de la rosinduline et le leucodérivé du vert Janus. Les résultats obtenus par l'action des divers réactifs, avec l'une ou l'autre des deux solutions de folliculine utilisées, sont concordants, et peuvent se résumer ainsi. L'oxydation du réactif qui a pénétré dans la cellule vivante est plus rapide et plus intense dans une cellule normale que dans une

---

([2]) E. Wolff, *C. R. Soc. Biol.*, **126**, 1937, p. 1217.

([3]) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 180 et *La Physicochimie de la sexualité*, 1 vol., Berlin et Paris, 1932.

cellule qui a subi l'action de la folliculine. L'action de la folliculine agissant à faible dose, a donc pour effet de diminuer le pouvoir oxydant de la cellule vivante.

Les résultats des recherches faites au cours de ces dernières années ont apporté la confirmation et la généralisation de la première loi de sexualisation dont nous rappelons l'énoncé : La valeur du pouvoir d'oxydation intracellulaire est un caractère de sexualisation du cytoplasme; dans une espèce les cellules polarisées dans le sens femelle ont un pouvoir d'oxydation inférieur à celui des cellules polarisées dans le sens mâle ([4]). Dans les expériences décrites ci-dessus, on constate que la différence de pouvoir oxydant entre la cellule folliculinisée et la cellule normale est du même ordre de grandeur que la différence de pouvoir oxydant qui, dans un organisme, sépare les cellules polarisées dans le sens femelle de celles qui sont polarisées dans le sens mâle. Il résulte de cette constatation que la folliculine à faible dose diminue le pouvoir d'oxydation des cellules de l'organisme mâle dans une proportion convenable pour provoquer leur polarisation vers le sens femelle, entraînant ainsi l'apparition de l'intersexualité ou du changement de sexe. Si l'orientation des tissus vers le sens féminin s'accomplit malgré la garniture chromosomique mâle des cellules c'est parce que les qualités physico-chimiques sont véritablement les caractères primitifs et fondamentaux de la sexualité ([3]).

Conclusions. — 1° La folliculine agit directement sur la cellule vivante. 2° L'action de la folliculine à dose convenable modifie les catalyses d'oxydation intracellulaires en diminuant le pouvoir d'oxydation de la cellule. 3° La diminution du pouvoir oxydant des cellules folliculinisées est suffisante pour entraîner la polarisation de certains tissus de l'organisme mâle vers le sens féminin et les phénomènes d'intersexualité ou de changement de sexe sont des conséquences de cette polarisation nouvelle.

([4]) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 73.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Étude roentgénographique des kératines sécrétées.* Note de MM. **Georges Champetier** et **Emmanuel Fauré-Fremiet.**

Les kératines de sécrétion [1] sont modelées par une sorte de filage ou de laminage en fibres ou en lamelles anisotropes; nous avons entrepris l'étude roentgénographique de quelques-unes de ces substances, pour comparer leur structure intime à celle des kératines épidermiques.

I. Des lames, découpées suivant le sens de déchirure, dans les couches non fibreuses de la capsule ovulaire de Sélaciens [2], des fibres provenant de la couche externe de ces mêmes capsules, et des filaments de byssus de Lamellibranches ont été examinés après dessiccation à la température ordinaire, ou imbibition à la glycérine.

Ces ovokératines, comme la byssokératine de Moule, donnent un même diagramme Debye-Sherrer composé de trois cercles concentriques, dont l'externe montre de faibles renforcements en forme d'arcs méridiens très allongés, indiquant, en accord avec l'anisotropie optique de ces substances, un début d'orientation fibreuse.

Le calcul des équidistances correspondant à ces interférences donne 10,2 à 11,2 Å pour le cercle 1; $4,5_2$ à $4,6_8$ Å pour le cercle 2; $2,8_9$ à $2,9_4$ Å pour le cercle 3 et ses renforcements méridiens. Ces valeurs sont comparables, non pas à celles trouvées pour les kératines α (kératines épidermiques à l'état normal), mais à celles données par les protéines fibreuses du type collagène.

En effet, le cercle 1 semble correspondre, dans les diagrammes de fibre nettement orientés des collagènes, des ichtyocolles et des élastoïdines [3], aux taches équatoriales $Å_1$, c'est-à-dire à des équidistances de 10,9 à 11,2 Å généralement considérées comme représentant l'espacement des chaînes peptidiques dans le sens de leurs liaisons latérales. Le cercle 2, assez épais

---

(1) Turchini et Broussy, *Bull. Soc. Zool. de France*, 59, 1934, p. 528; Broussy, 1932, Thèse médicale, Montpellier; Filhol et Garrault, *Arch. d'Anat. Microsc.*, 34, 1938, p. 105; Fauré-Fremiet et Garrault, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 20, 1938, p. 24; Fauré-Fremiet et Baudouy, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 20, 1938, p. 14; Baudouy, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1007.

(2) Fauré-Fremiet, *Arch. d'Anat. Microsc.*, 34, 1938, p. 23.

(3) Champetier et Fauré-Fremiet, *Journ. de Chimie Phys.*, 35, 1938, p. 223.

et estompé sur les bords, correspondrait au halo flou commun à toutes les protéines fibreuses, c'est-à-dire à une équidistance de 4,5 Å environ, qui représenterait l'épaisseur des chaînes peptidiques. Enfin le cercle 3 correspond exactement à l'arc méridien intense des collagènes et des élastoïdines, pour lesquels on a calculé les équidistances de $2,7_9$ à $2,9_0$ Å, représentant, suivant l'axe de fibre, l'espace apparemment occupé par un reste d'acide aminé.

Si l'on étire jusqu'à 170 ou 200 pour 100, sous l'effet de l'eau chaude et d'une tension convenable, des lames d'ovokératine ou des filaments de byssus, les renforcements du cercle externe se précisent sous la forme d'arcs méridiens, et deux taches équatoriales apparaissent sur le cercle 2; mais les écartements indiqués par les interférences ne changent pas.

Les filaments de byssus de *Pinna nobilis*, soigneusement lavés, bien que nettement biréfringents, donnent un diagramme genre Debye-Sherrer sans renforcements méridiens et dont les cercles 1, 2 et 3 sont particulièrement flous; ce diagramme diffère nettement de ceux obtenus par Trogus et Hess (1933); il est moins précis que celui obtenu par Centola (1936), qui note une distance réticulaire de 4,5 Å pour le cercle amorphe, et une autre de 2,9 pour le cercle qu'il numérote 4.

II. D'autres kératines sécrétées se présentent comme un feutrage serré de fibres qu'il est impossible d'orienter; la membrane testacée de l'œuf de Poule et la koïline du gésier donnent des diagrammes de Debye-Sherrer où manque le cercle 3, tandis qu'un faible cercle 2 *bis* peut apparaître (koïline).

Enfin la prokératine, extraite sous forme de granulations isotropes à partir des glandes nidamentaires de *Raja batis*, donne un diagramme analogue avec un cercle 2 *bis*. Dans tous ces cas, nous retrouvons des distances réticulaires de 9,5 à 10 Å et de 4,6 à $4,6_8$ Å, correspondant aux écartements transversaux des chaînes peptidiques, tandis qu'aucune interférence nette ne semble correspondre à une périodicité caractéristique de ces chaînes elles-mêmes.

III. Les roentgénogrammes des kératines sécrétées ne montrent aucune des caractéristiques des kératines α; cependant ces substances présentent une haute élasticité (C. T. Baudouy) et la comparaison de leurs propriétés mécaniques et optiques permet de conclure qu'elles sont formées de chaînes peptidiques du type collagène, disposées assez irrégulièrement, avec une faible tendance vers une orientation définie, que l'on peut accentuer nettement par l'effet d'une tension. Ces substances se com-

portent donc, à l'égard de leur structure intime, comme des gommoïdes, au sens donné à ce terme par K. H. Meyer.

SÉROLOGIE. — *Sur une électrodialyse unipolaire du sérum sanguin.* Note de M. **Marcel Mazille**, présentée par M. Louis Martin.

Nous avons exposé le principe (¹) d'une dialyse en champ électrique destinée à extraire d'une façon irréversible la plus grande partie des électrolytes sériques, nous avons montré qu'au cours de cette dialyse du sérum, il se produit à l'anode un précipité visqueux, translucide et teinté de blond. Traité par l'eau physiologique, suivant la méthode de Doladilhe (²), ce précipité laisse diffuser une quantité, variable suivant les expériences, d'une protéine analogue à l'homoglobuline. La fraction non diffusible est identique à la protéine visqueuse. Ce précipité hétérogène, constitué en majeure partie par de la protéine visqueuse, contient donc en plus une quantité variable d'hémoglobuline.

Au cours de cette électrodialyse, certains facteurs physicochimiques conditionnent la stabilisation des protéines sériques. Le pH du dialysat, sensiblement égal à 7 au début de l'expérience, diminue progressivement au voisinage de l'anode; cette acidification provient d'une modification de l'électrode de plomb qui, après avoir fixé une certaine quantité d'ions chlore, se comporte comme une électrode normale et laisse réagir ces anions sur le dialysat pour former de l'acide chlorhydrique.

D'autre part, la combinaison des ions sodium avec le mercure est limitée par la résistance au passage que leur offre le septum dialyseur; la fraction de ces ions, empêchés de se combiner au mercure, donne de la soude qui, en présence de l'acide chlorhydrique de l'anode forme du chlorure de sodium.

Dès lors le précipité protéique se trouve ainsi rapidement en contact avec un milieu chloruré sodique vis-à-vis duquel il se comporte comme l'a indiqué Doladilhe dans sa méthode de séparation de la protéine visqueuse de l'homoglobuline.

De plus, le dialysat séparé du précité, bien que privé de protéine visqueuse, contient encore environ 10 pour 100 de protéines.

(¹) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 379.
(²) *Ann. Inst. Pasteur,* 59, 1937, p. 624.

Le dispositif suivant, en assurant la fixation des ions par une anode de grande surface fréquemment renouvelée et en empêchant la diffusion de la soude cathodique, donne des résultats beaucoup plus intéressants.

Le sérum dialysé est contenu dans un tube en U évasé à ses deux extrémités. Une spirale de plomb recouverte de collodion constitue l'anode; un bain de mercure, séparé du sérum par une membrane de parchemin, fait office de cathode. Lorsque l'intensité du courant n'est pas trop élevée (moins de 2 milliampères) *un bloc homogène blanc*, sans aspect visqueux, se fixe sur l'anode. Ce précipité, traité par la méthode de Doladilhe, se montre constitué par deux substances analogues à la protéine visqueuse et à l'homoglobuline.

Ainsi, dans un sérum effectivement déminéralisé, la quasi-totalité de l'édifice colloïdal précipite sous la forme d'un bloc homogène, très facilement décomposable en ses deux constituants, différents très nettement par leurs propriétés physiques, le support adsorbant et la substance adsorbée, très semblables, l'un à la protéine visqueuse, l'autre à l'homoglobuline. Ces deux constituants, vraisemblablement libres, dans le sang circulant, s'uniraient au moment de la sortie du sang de l'organisme pour donner naissance au complexe que nous isolons.

A 16^h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h30^m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 24 octobre 1938.)

Note de M. *Robert Duschinsky*, Sur le pouvoir rotatoire de la citrulline. Synthèse du produit optiquement actif :

Page 736, ligne 19, *au lieu de* après précipitation préalable comme phosphotungstate, *lire* après défécation préalable avec de l'acide phosphotungstique.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 DÉCEMBRE 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Noël la prochaine séance ordinaire aura lieu le mardi 27 décembre au lieu du lundi 26.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Federigo Enriques**, professeur à l'Université de Rome, qui assiste à la séance.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la quantité de zinc contenue dans l'eau de mer.* Note de M. **Gabriel Bertrand**.

La présence du zinc dans les plantes et dans les animaux marins implique celle du métal dans le milieu où ces êtres doivent puiser les éléments de construction et de fonctionnement de leurs organes. Mais combien y a-t-il de zinc dans ce milieu ?

On a beaucoup étudié déjà la composition chimique de l'eau de mer ; on a reconnu et souvent même dosé dans cette eau un assez grand nombre de métalloïdes et de métaux, mais on n'a pas encore réussi à déterminer la proportion de zinc qui s'y trouve. Le peu que l'on sache à cet égard est dû à Dieulafait qui, ayant examiné, en 1880, une eau mère de marais salants de la Méditerranée, est parvenu à en séparer une très petite quantité d'un mélange de sulfures métalliques, dans lequel il a caractérisé, à l'aide du spectroscope, la présence du zinc. Tenant compte alors de la sensibilité de la réaction et calculant qu'un litre d'eau mère à 38° B. représentait 200

à 250[l] d'eau de mer naturelle, Dieulafait a estimé qu'il y avait au moins 1[mg],6 à 2[mg] de zinc dans 1[m³] d'eau de la Méditerranée (¹).

Même en faisant intervenir les causes de pertes signalées par ce savant au cours de la séparation du métal, il apparaît que la proportion de zinc ainsi estimée est bien minime lorsqu'on la compare à celle du corps de certains animaux marins, et l'on peut se demander si la puissance de concentration du zinc par ceux-ci est vraiment aussi considérable : d'après les analyses que j'ai publiées avec Vladesco, il y a, en effet, dans les huîtres jusqu'à 1[g],5 et dans les gryphées jusqu'à plus de 7[g] de zinc par kilogramme de matière sèche (²).

Il m'a semblé, en conséquence, intéressant de reprendre l'étude de la question. Grâce à la méthode si sensible et si précise de séparation des moindres traces de zinc dans une solution minérale complexe par la chaux et l'ammoniaque (³), il était permis d'espérer une détermination du métal en opérant directement sur l'eau de mer. L'expérience a montré que cette détermination est possible et qu'en apportant une petite modification à la méthode elle devient même presque aussi facile que dans le cas des cendres végétales ou animales.

L'eau de mer est, comme on sait, très riche en sels divers : de 30 à 40[g] environ par litre. Ces sels suffisent à empêcher la précipitation du zinc et des métaux lourds par l'hydrogène sulfuré, avec ou sans addition préalable d'acide chlorhydrique ou d'ammoniaque. Certains gênent encore, par leur quantité, l'application de la méthode au *zincate de calcium;* ce sont ceux de magnésium et les sulfates.

Il faut, pour réaliser la séparation quantitative du zinc par la méthode au zincate, ajouter tout d'abord à l'eau de mer, en présence d'ammoniaque, assez de chaux pour déplacer la totalité de la magnésie. En outre d'un précipité volumineux, il se fait alors une quantité importante de sulfate de calcium (environ 4[g] par litre). La plus grande partie de ce sel peu soluble se dépose, mais le reste sursature le liquide et continue à cristalliser au cours des opérations successives. Il en résulte que le précipité zinco-

---

(¹) *Ann. Chim. Phys.*, 5[e] série, **18**, 1879, p. 349, et **21**, 1880, p. 256; *Comptes rendus*, **90**, 1880, p. 1573, et **96**, 1883, p. 70.

(²) *Bull. Soc. Chim.*, 4[e] série, **33**, 1923, p. 341.

(³) GABRIEL BERTRAND, *Comptes rendus*, **115**, 1892, p. 939 et 1028; GABRIEL BERTRAND et M. JAVILLIER, *Bull. Soc. Chim.*, 4[e] série, **1**, 1906, p. 63; G. BERTRAND et M. MOKRAGNATZ, *Bull. Soc. Chim.*, 4[e] série, **33**, 1923, p. 1539.

calcique, obtenu par ébullition du liquide ammoniacal et dans lequel est rassemblé le métal à doser, peut être souillé de sulfate de calcium. Ce sulfate accompagne alors le zinc dans la solution chlorhydrique. Comme il est moins soluble dans l'eau chargée d'hydrogène sulfuré que dans l'eau seule, il peut s'en précipiter avec le sulfure de zinc et le dosage est faussé par défaut. On peut facilement s'apercevoir, il est vrai, de la présence du sulfate de calcium dans le sulfate de zinc, après la pesée, mais il faut alors recommencer la précipitation du zinc par l'hydrogène sulfuré, ce qui complique et retarde très sensiblement le dosage.

J'ai fait disparaître cet inconvénient (4) en ajoutant à l'échantillon d'eau de mer une quantité convenable de chlorure de baryum spécialement purifié (5). Voici comment on procède à l'opération :

Un litre d'eau de la Manche ou de l'Océan, par exemple, est réduit au quart de son volume dans une capsule de porcelaine, après addition d'un centimètre cubé d'acide chlorhydrique pur et concentré. On précipite ensuite l'acide sulfurique par une introduction progressive et en faible excès de solution de chlorure de baryum à 20 pour 100. Il en faut environ 35^{cm^3}. Sans filtrer, on ajoute une dizaine de gouttes de perhydrol, 40^{cm^3} d'ammoniaque pure, non carbonatée, et peu à peu du lait de chaux pure, tant qu'il y a déplacement de magnésie. Si l'on opère sur 2 ou 3 litres, on ne concentre pas plus qu'au quart et, cela va de soi, on double ou triple toutes les quantités de réactifs.

Avec l'eau de la Méditerranée, plus riche en sels, on réduit seulement au tiers du volume après addition de 2^{cm^3} d'acide chlorhydrique et l'on ajoute 50^{cm^3} d'ammoniaque au lieu de 40.

Après le traitement ammoniaco-calcique, on sépare le liquide du précipité par centrifugation. On décante le premier dans un ballon ou une fiole conique. On redissout le second dans la quantité minima d'acide chlorhydrique pur, en diluant à environ 250 ou 300^{cm^3}, et l'on précipite à

(4) Cet inconvénient nous avait déjà gênés, B. Benzon et moi, dans nos recherches sur la teneur en zinc des principaux aliments d'origine végétale, lorsque nous opérions sur certaines espèces de plantes riches en soufre de la famille des Crucifères ou des Liliacées (*Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 1098, et *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **45**, 1929, p. 168). Désormais, il vaudra mieux généraliser à des cas semblables la modification décrite aujourd'hui.

(5) On purifie la solution de chlorure de baryum du zinc qu'il renferme en l'additionnant d'un peu de lait de chaux et d'ammoniaque, faisant bouillir jusqu'à disparition *complète* du gaz alcalin, laissant refroidir et filtrant.

nouveau par l'ammoniaque et un peu de chaux. Après centrifugation, le liquide décanté est joint au précédent. On effectue, pour plus de précision, un deuxième, voire un troisième traitement acido-alcalin du précipité. Enfin, l'ensemble des liquides réunis est traité, comme je l'ai décrit avec Javillier et avec Mokragnatz (³). Le zinc est pesé finalement à l'état de sulfate anhydre.

Les échantillons d'eau de mer, prélevés spécialement avec tous les soins voulus, à bonne distance des côtes, ont été expédiés aussitôt à mon laboratoire dans des bouteilles ou des touries de verre, préalablement bien nettoyées.

Le dosage du zinc a pu être réalisé dans l'eau recueillie à l'entrée de la mer du Nord par M. Le Gall, directeur de la Station aquicole de Boulogne-sur-mer; dans l'eau de la Manche, grâce au directeur du Laboratoire de Roscoff, M. Ch. Pérez; dans l'eau de l'Atlantique, envoyée par le directeur de la Station biologique d'Arcachon; dans l'eau, enfin, de la Méditerranée, puisée au large de Monaco, à 10^{m} de profondeur, sur les indications du directeur de l'Institut Océanographique, M. Jules Richard.

Les résultats suivants ont été obtenus :

Origine de l'échantillon.	Volume d'eau analysé.	SO^4Zn pesé.	Zinc correspondant.	Zinc par litre.
		mg	mg	mg
Mer du Nord.........	2 litres	15,3	6,197	3,10
Manche.............	1 »	8,5	3,442	3,44
id.	3 »	27,0	10,935	3,65
Océan Atlantique....	2 »	15,2	6,156	3,08
Méditerranée........	2 »	18,7	7,573	3,79

Il y a donc dans l'eau des mers qui baignent les côtes de France de 3 à 4^{mg} de zinc par litre. Ces quantités dépassent beaucoup l'estimation de Dieulafait, mais sont, néanmoins, encore assez petites. Si on les rapporte aux poids de sels totaux dissous, poids qui ont été trouvés par Th. Schlœsing de $32^{g},4$ dans l'Atlantique et de $38^{g},8$ dans la Méditerranée (⁶), on arrive à un chiffre très voisin de 1 pour 10000. La proportion du zinc contenue dans l'eau de mer serait donc, à très peu près, proportionnelle à la concentration saline totale.

J'ai déterminé comparativement la teneur en zinc de l'eau de la mer Morte, dont un échantillon m'avait été rapporté par M. Georges Claude.

(⁶) *Comptes rendus*, 142, 1906, p. 320.

La richesse saline de cette eau, variable suivant la saison, sèche ou pluvieuse, est en tous cas considérable; elle atteignait dans l'échantillon analysé environ 236^g par litre. Pour l'analyse, j'ai dû opérer seulement sur un quart de litre et diluer d'un volume d'eau; le liquide a été acidifié par l'acide chlorhydrique, précipité par le chlorure de baryum et traité, comme ci-dessus, par l'ammoniaque et la chaux. Voici les chiffres fournis par l'analyse :

	Volume d'eau analysé.	SO^4Zn pesé.	Zinc correspondant.	Zinc par litre.
Mer Morte	250^{cm^3}	$2^{mg},7$	$1^{mg},094$	$4^{mg},37$

Cette teneur en zinc est un peu plus élevée que celle de la Méditerranée, mais, comme d'autre part, la mer Morte est 6 fois plus concentrée, cela correspond seulement à une partie de zinc pour environ 54000 de sels totaux dissous. Cette différence est en faveur de l'hypothèse selon laquelle la mer Morte ne serait pas un résidu séparé depuis longtemps de la Méditerranée, mais un lac dû à l'apport et à l'évaporation plusieurs fois millénaire du Jourdain.

En se plaçant au point de vue biologique, il est intéressant de trouver dans les analyses rapportées plus haut une juste mesure de la puissance des animaux marins à capter sélectivement les traces de zinc contenues dans les milieux où ils vivent.

GÉNÉTIQUE. — *Nouveaux cas de Xénie chez des Hybrides de Blés* (Triticum monodurum, Tr. ægilopoïdes, Tr. vulgare). Note de MM. **Louis Blaringhem** et **Kuo Chun Chin**.

La Xénie, action immédiate et apparente du pollen sur le fruit ou sur la graine hybride, a été signalée pour la première fois chez le Seigle (Giltay, 1893); Gregor Mendel (1865) l'a utilisée, sans en connaître le mécanisme, pour la démonstration des règles qui sont les principes de la Génétique moderne; Hugo de Vries (1899) a pu en préciser les causes dans les croisements du Maïs; les Pois à cotylédons sucrés, les Maïs à caryopses ridés donnent des grains ronds et amylacés lorsque les ovaires sont fécondés par le pollen des variétés à graines riches en amidon.

Les Graminées du groupe des Hordées (*Hordeum*, *Secale*, *Triticum*, *Ægilops*...) montrent fréquemment la Xénie surtout lorsque les croisements ont lieu entre variétés convenables d'une même espèce. Et cependant

la découverte de la Xénie chez les Blés est récente (1913). L'un de nous (1) en a donné une démonstration décisive à la suite d'hybridations entre Blé Poulard et Froments, entre Engrains et Blés durs ou de Pologne. En fait, de nombreux croisements entre ces espèces avaient été tentés, le plus souvent sans succès; les grains hybrides obtenus sont presque toujours avortés et mal conformés; il faut des circonstances très favorables à la maturation pour obtenir des caryopses pleins et caractéristiques. Ce fut le cas en 1925 (2) où l'un de nous a pu montrer, par 1200 combinaisons sexuelles entre espèces de Blés dont le quart environ aboutit à des grains viables, que les déformations des ovaires par les pollens illégitimes trahissent une lutte entre l'organisme maternel et les embryons ou, tout au moins, un déséquilibre suffisant pour expliquer la mortalité précoce de la plupart d'entre eux (3). Aussi les hybrides interspécifiques, lorsqu'ils sont viables, présentent, surtout chez les Graminées, des caractères infantiles qui, chez les hybrides stables, disparaissent ou s'atténuent dès la seconde génération (Blaringhem, 1925).

Jusqu'à 1913 les hybrideurs, malgré de nombreux essais, n'avaient pu obtenir de descendance fertile du blé Engrain croisé avec les autres blés cultivés. Vilmorin et ses collaborateurs (1886) doutent de la possibilité de la fécondation; E. von Tschermak (1906) déclare avoir récolté quelques grains dont il n'a pas suivi la germination. En 1913, N. I. Vavilof fait connaître en langue russe qu'après de nombreux essais il a obtenu en 1911 un grain très ridé du croisement *Triticum vulgare* var. *erythrospermum* × *Tr. monococcum* variété *flavescens* ♂, ce dernier souvent classé par les auteurs dans les Engrains doubles; d'après la description sommaire, la plante fut stérile avec des épis fragiles et le pollen complètement avorté. L'un de nous a réussi d'abord en 1910, puis en 1913, les combinaisons *Monococcum* × *durum*, puis *Monococcum* × *polonicum* (4), la plupart stériles, mais dont les grains ont montré la Xénie au plus haut degré; l'une d'elles stabilisée a fourni le blé nouveau *Triticum monodurum* et les analyses des grains l'ont classé parmi les blés les plus riches en protéines (5).

(1) *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 802; *Bull. Soc. bot. France*, 60, p. 187 et 1 fig.; *C. R. Soc. Biol.*, 76, 1913, p. 855.

(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 218 et p. 389.

(3) *Bull. Soc. bot. France*, 72, 1925. p. 341, fig. et pl.

(4) *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 346.

(5) *C. R. Académie d'Agriculture de France*, 13, 1927, p. 306.

L'étude de ces problèmes concernant l'origine et l'amélioration des blés cultivés a été interrompue durant les hostilités et reprise en 1922. En réalité, tous les généticiens étaient convaincus à cette date qu'il était beaucoup plus difficile d'obtenir des descendances des croisements de l'Engrain (*Monococcum*) avec les blés communs que des croisements de ces mêmes blés avec les Ægilopes sauvages. Tant pour les caractères de paille et de grains des *Monococcum* qu'à cause du nombre très faible de chromosomes $n = 14$, les botanistes sont enclins à faire des Engrains un sous-genre distinct des *Triticum*, au même titre que les Chiendents (*Agropyrum*).

Le problème s'est posé sous un jour nouveau en 1924. L'un de nous avait pu se procurer quelques grains d'une Graminée sauvage, dispersée des Balkans à la Perse à travers la Mésopotamie et décrite en 1834 par Link sous le nom de *Crithodium ægilopoïdes*. E. Boissier en 1853 en fit un Blé sauvage qu'il nomma *Triticum boeticum*, nom que nous lui conservons en tant que genre, car c'est bien un Blé, très proche parent de l'Engrain. Boissier continuant ses études le décrit de nouveau en 1884 comme un *Triticum monococcum* var. β *lasiorrhachis*, traduisant ainsi la fragilité des épis; mais les règles de la nomenclature nous imposent la désignation *Triticum ægilopoïdes* Balansa.

Les croisements directs et réciproques entre *Tr. monococcum* var. *vulgare* des collections de la Station de Bellevue avec ce Blé sauvage *Tr. ægilopoïdes* Bal. ont donné la solution définitive en 1927. Quoique distinctes par une série de caractères végétatifs très frappants, par les épis et par les grains aussi, ces deux formes se comportent dans leurs croisements comme des variétés affines; la parfaite fécondité des hybrides (F_1), la multiplicité des disjonctions du type mendelien en (F_2) a permis d'isoler en quelques années plus de dix formes d'Engrains, nouvelles et bien stables, non décrites jusqu'alors. En annonçant ce résultat ([6]) M. Blaringhem a insisté sur l'importance de cette découverte pour l'amélioration méthodique des Blés destinés à la panification.

En 1935, M. Chin Kuo Chun étudie à la Station Berthelot la série de Blés qu'il apporte de Chine et les compare aux Blés de la Collection de Bellevue (Seine-et-Oise); en 1936, parmi de nombreux croisements, il obtient deux grains dérivés d'un *Monococcum* × *Triticum vulgare* var. Hybride de la Paix; on sait que c'est un Froment à très fort rendement en

---

([6]) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 225.

grains très gros, riches en amidon. La première génération (F_1) est d'emblée fertile; l'un des grains, le plus maigre, donne un type *Monococcum*; l'autre, le plus gros, présentant la Xénie au plus haut degré, donne un type *vulgare* offrant de grandes analogies avec le père. Ces grains semés en mars 1937 à la Station Berthelot sont l'origine de variétés uniformes dans toutes leurs parties et dont l'hérédité n'est pas douteuse. Tous deux sont les prototypes d'une nouvelle catégorie de Blés *Monococcovulgare* ou Froments-Engrains.

Les grains des deux souches conservent, dans leur descendance (F_3), toutes les particularités notées en (F_1) et en (F_2); ce sont des combinaisons stabilisées des albumens des parents. Quant aux caractères végétatifs ils ne trahissent pour ainsi dire plus leur double origine spécifique. La variété 1 à grains maigres serait classée, par tout observateur même averti, dans les *Monococcum*; la taille est plus élevée, les épis sont plus longs et peut-être moins denses, les barbes plus fortes avec base étalée comme celle des Froments, mais ce sont des particularités liées à la végétation vigoureuse et à la production de grains bombés cylindriques, quoique effilés aux deux extrémités comme ceux des Engrains.

La variété 2, si les grains ne montraient la Xénie et n'avaient cette forme effilée aux deux extrémités, serait sans hésitation classée dans les Froments du type paternel; mais il subsiste dans la végétation, dans l'étalement et la couleur des feuilles, jusque dans les touffes de poils des ligules, des traces évidentes de leur ascendance maternelle *Monococcum*.

En bref, ces hybrides Froments-Engrains se comportent exactement comme les célèbres *Hybrides sans fécondation* (Parthénogénèse mâle, déclarait A. Giard) obtenus par Millardet dans ses croisements d'espèces très éloignées de Fraisiers. Le fait nouveau, et il est d'importance, est l'acquisition de Blés avec des albumens mixtes de Froment et d'Engrain.

MÉDECINE EXPÉRIMENLALE. — *Le comportement du virus de la fièvre jaune chez le moustique* Aëdes geniculatus. Note de MM. **Émile Roubaud, Jacques Colas-Belcour** et **Georges-Jean Stefanopoulo.**

Nous avons fait connaître (¹) une expérience positive de transmission du virus de la fièvre jaune au singe par les piqûres d'un moustique indigène

(¹) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 182.

dans les régions paléarctiques, l'*Aëdes geniculatus*. Une dizaine de ces moustiques, infectés, maintenus à la température de 30 à 35°C., ont transmis à un singe *rhesus* une fièvre jaune viscérale mortelle, contrôlée.

Une deuxième expérience a été réalisée, dans le même temps, avec la même espèce culicidienne; mais les moustiques, 24 heures après le repas infectant, furent maintenus à la température normale du laboratoire, de 20 à 22° C. Le protocole de l'expérience est donné ci-après :

Le 4 juin le *M. rhesus* 752 reçoit, par voie sous-cutanée, une injection de virus viscérotrope (foie virulent, de souche française, même souche que dans la première expérience). Le 5 juin, 5 femelles de *Aëdes geniculatus* se gorgent sur le *rhesus* 752. La présence du virus dans le sang du singe, au moment du repas infectant, a été confirmée chez la souris. Le singe 752 meurt le lendemain de fièvre jaune viscérale typique (*vomito negro*, lésions histologiques, etc.).

Les moustiques ayant été conservés à 30°C., du 7 au 8 juin, sont placés, à partir du 9 juin, pendant tout le reste de l'expérience à 20 et à 22°C., température normale du laboratoire à cette époque.

Le 25 juin (18e jour), trois des moustiques se gorgent sur le *M. rhesus* neuf n° 755. Ce singe est également piqué le 29 (22e jour) par deux moustiques qui se gorgent abondamment; un troisième pique à plusieurs reprises, mais sans se gorger.

A cette date, les cinq *Aëdes* sont sacrifiés pour la vérification de la présence du virus; l'émulsion du broyage des insectes en eau physiologique est inoculée à des souris qui meurent de fièvre jaune.

Pourtant l'examen du singe 755, piqué par les moustiques infectés, ne décèle pas de transmission de la maladie. La température demeure normale; le sang prélevé au 7e jour après le 1er repas infectant n'est pas virulent. Le test de séroprotection, pratiqué successivement les 13 et 26 juillet et le 11 octobre 1937, demeure négatif. Enfin, le 13 décembre, l'animal subit une inoculation d'épreuve; il est sacrifié le 16 à l'état agonique; à l'autopsie fièvre jaune typique.

En résumé, alors que des *Aëdes geniculatus* infectés, conservés à haute température (30-35°C.), ont transmis au singe une fièvre jaune mortelle, des *Aëdes geniculatus* conservés à température plus basse (20-22°C.), quoique reconnus infectés du virus amaril, n'ont point manifesté de pouvoir infectant par la piqûre.

Rappelons que A. Pettit, E. Roubaud et G. J. Stefanopoulo (2), ainsi

---

(2) *C. R. Soc. Biol.*, 104, 1930, p. 63.

que d'autres auteurs, ont déjà noté que par *Aëdes ægypti* la transmission de la fièvre jaune est plus difficile et généralement s'opère sous une forme atténuée, lorsque la température est inférieure à 25° C. Il convient toutefois de remarquer que, même dans ces conditions, la transmission du virus amaril se montre souvent possible par ce dernier moustique.

Nos expériences relatives à l'*Aëdes geniculatus* sont à rapprocher de celles qui ont été récemment réalisées par B. L. Bennett, F. C. Baker et A. W. Sellards ([3]) avec *Aëdes triseriatus*. Ce moustique est un moustique néarctique, dont la distribution, en Amérique septentrionale, comme celle de l'*Aëdes geniculatus* dans les régions paléarctiques, se trouve en dehors des zones endémiques de fièvre jaune. C'est également, comme l'*Aëdes geniculatus*, un moustique dont les larves se rencontrent dans les petites collections d'eau des trous d'arbres. Les auteurs américains signalent une transmission de fièvre jaune mortelle aux singes avec des *Aëdes triseriatus* maintenus à 37° C., tandis que des moustiques maintenus à 28° C. n'ont pas infecté deux singes, dans les mêmes conditions.

Pour conclure, il est permis de penser à une atténuation de l'aptitude transmettrice du virus amaril chez ces Culicides de régions froides sous l'influence de températures voisines de 25° C. La transmission de la fièvre jaune par ces Aëdinés ne paraît guère possible qu'à la faveur d'une haute température.

MICROBIOLOGIE. — *Remarques sur l'action toxique du milieu à propos de la Note de M. Régnier et Mlle Lambin* ([1]). Note ([2]) de MM. **Vito Volterra** et **V. A. Kostitzin**.

Dans une Note sur l'antagonisme microbien ([3]) M. Régnier et Mlle Lambin ont étudié le développement de *Staphylococcus aureus* et de *Bacillus coli* dans un milieu liquide (bouillon de viande peptoné salé), soit en culture pure, soit en culture mixte. Dans le premier cas la population suit une loi toute différente de celle de Verhulst-Pearl, en passant par un maximum et en décroissant assez rapidement ensuite. Dans une remarque

([3]) *Science*, 88, n° 2287, 1938, p. 410.

([1]) Voir ci-dessous p. 1263.

([2]) Séance du 5 décembre 1938.

([3]) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1682.

publiée à la suite de ladite Note et dans un volume publié en collaboration avec M. d'Ancona ([4]), M. Volterra a tâché d'expliquer ce phénomène par l'action de substances toxiques dues à l'action chimique de la population bactérienne et s'accumulant dans le milieu. Du point de vue mathématique, le problème se réduit à une équation intégro-différentielle, laquelle, dans le cas d'intoxication constante, peut être présentée comme une équation différentielle. M. Volterra en a donné une solution approchée dont l'allure traduit assez bien la courbe expérimentale. M. V. A. Kostitzin ([5]) a repris la question en donnant une solution exacte qui, elle aussi, est en bon accord avec les observations, et en résolvant un problème plus général.

Dans la nouvelle Note de M. Régnier et M[lle] Lambin ([1]) est étudié le développement d'une population pure de *Bacillus coli* dans un milieu salé contenant du peptone à concentration variable d'une expérience à l'autre. Dans le cas de l'absence complète de la nourriture on observe une extinction extrêmement rapide, *surtout au début*, de la population, mais il suffit d'une concentration minime de la nourriture pour que la courbe du développement présente un maximum très caractérisé avec décroissance ultérieure. La courbe de ces maxima considérés en fonction de concentration du peptone a une forme pareille à la courbe logistique. MM. Volterra et Kostitzin ont essayé d'avoir une idée de la forme de cette courbe, en partant des formules de M. Kostitzin. En effet, ces formules donnent le maximum p_m en fonction des coefficients vitaux ε (multiplication), h (action mutuelle, concurrence), c (action toxique). On peut supposer *a priori* que la multiplication croît avec la concentration q de nourriture et qu'au contraire l'action mutuelle et l'action toxique décroissent dans les mêmes conditions. Les calculs numériques de M. Kostitzin, qui sont résumés dans la table suivante, montrent qu'en effet le comportement des coefficients correspond aux prévisions théoriques :

q........	0,001.	0,005.	0,020.	0,050.	0,100.	0,25.	0,5.	1,0.	2,5.	5,0.	10.	20.
ε.........	0,33.	0,37.	0,46.	0,63.	0,93.	0,99.	1,07.	1,13.	1,18.	1,23.	1,24.	1,24.
$10^3.h$......	144	93	39	30	24	12,3	7,3	5,0	3,9	3,4	3,3	3,1
$10^5.c$......	430	370	78	93	60	31	11,7	6,7	4,6	4,1	3,3	3,2
$10^{-6}.p_m$...	1,8	3,0	16,7	17,2	35,8	70,0	134,0	214,0	286,0	348,0	363,5	380,6

([4]) Volterra-d'Ancona, *Les associations biologiques au point de vue mathématique*, Paris, 1935.

([5]) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 516-518; 204, 1937, p. 1683-1685; voir aussi *Biologie mathématique*, Paris, 1937.

On voit d'autre part que, pour de grandes concentrations du peptone, les coefficients ε, h, c ont une allure nettement asymptotique. Ce fait s'explique très bien par l'existence d'une limite physiologique supérieure pour l'assimilation de la nourriture, ainsi que pour la vitesse de croissance et de divisions cellulaires. Donc, en admettant que tous les coefficients sont des fonctions de la concentration q, on peut supposer que les limites suivantes existent :

$$\lim_{q \to \infty} \varepsilon = 1,2, \qquad \lim_{q \to \infty} h = 0,003, \qquad \lim_{q \to \infty} c = 0,00003$$

Cette hypothèse se trouve confirmée par les chiffres publiés dans la première Note de M. Régnier et Mlle Lambin ([3]). En tenant compte de la différence de la technique du dénombrement dans les deux séries d'expériences, on trouve les valeurs suivantes des coefficients

$$\varepsilon = 1,1, \qquad h = 0,003, \qquad c = 0,00003.$$

Or la concentration de nourriture dans les premières expériences de M. Régnier et Mlle Lambin était certainement supérieure à 20. L'accord est parfait.

Considérons maintenant la formule

$$p_m = \frac{\varepsilon}{h} - \frac{c}{h^2} \log\left(1 + \frac{\varepsilon h}{c} - p_0 \frac{h^2}{c}\right)$$

exprimant le maximum p_m en fonction de ε, h, c. Il est clair que p_m considéré en fonction de q tend nécessairement vers une limite finie, ce qui concorde très bien avec les observations. Donc l'hypothèse de l'action toxique accumulée de M. Volterra rend très bien compte de ces nouvelles expériences de M. Régnier et de Mlle Lambin.

GÉODÉSIE. — *Carte gravimétrique des Philippines.* Note ([1]) de M. Pierre Lejay.

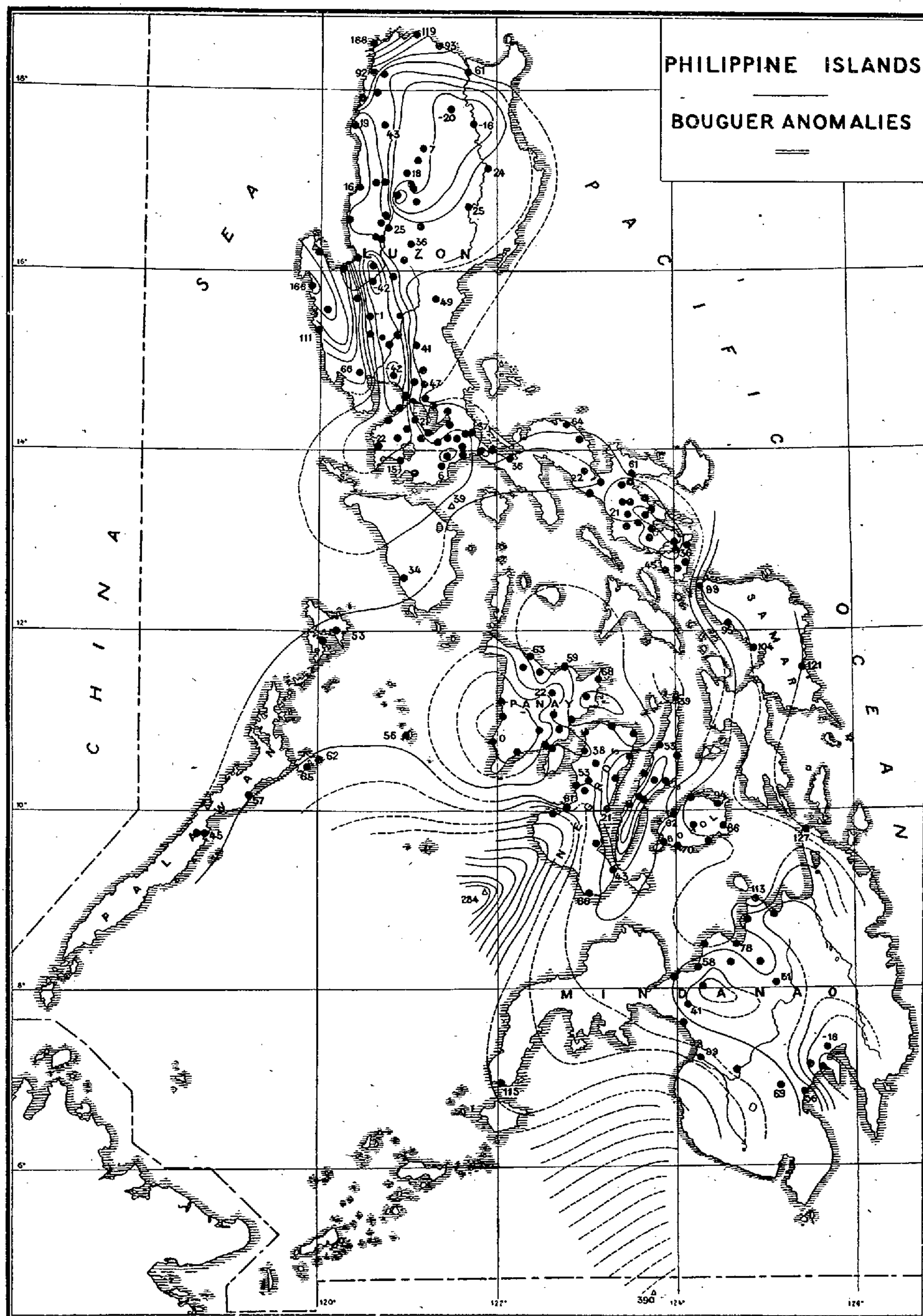
Le tableau donne les valeurs de la gravité dans les îles de Negros, Cebu, Bohol, Mindanao et Samar, et quelques nouvelles valeurs à Luzon ([2]).

De la carte qui suit il ressort que l'infrastructure des Philippines, assez complexe, est en relation étroite avec les irrégularités de la surface. Les

([1]) Séance du 5 décembre 1938.

([2]) P. Lejay, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 828.

Stations.	Latitude.	Longitude Greenwich.	Alt.	δ.	Dates.	g.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	Δ.	Δ
	° ′	° ′	mètres		1938	Adopté	gals	gals	gals	mgals	mgals	622	42
od	10.40,1	122.56,7	4	2,4	11-IV	978,262	978,263	978,263	978,225	38	38	–	–
aran	10.16,3	122.50,8	4	2,5	12 »	978,271	978,272	978,272	978,213	59	59	–	–
an	9.58,4	122.37,4	10	2,6	12 »	978,322	978,325	978,324	978,203	122	121	–	–
	10. 1,5	122.46,1	5	2,6	12 »	978,265	978,267	978,266	978,205	62	61	–	–
la	10.12,3	122.59	26	2,6	12 »	978,280	978,288	978,285	978,211	77	74	–	–
stellana	10.19,4	123. 1	47	2,6	12 »	978,257	978,272	978,267	978,214	58	53	–	–
ucal	10.31	123. 5,5	339	2,6	13 »	978,205	978,310	978,271	978,221	89	50	0	+1
ia	10.52,7	122.58,7	8	2,6	14 »	978,278	978,281	978,280	978,232	49	48	–	–
-Cadiz	10.56,8	123.16,8	20	2,6	14 »	978,291	978,297	978,295	978,235	62	60	–	–
ante	10.50,1	123.33,4	10	2,6	14 »	978,304	978,307	978,306	978,231	76	75	–	–
ava	10.35,6	123.28,8	5	2,6	14 »	978,226	978,228	978,227	978,223	5	4	–	–
ermoso	10.20,1	123.19,5	5	2,6	15 »	978,225	978,227	978,226	978,215	12	11	–	–
bertad	10. 1,7	123.14	5	2,6	15 »	978,225	978,227	978,226	978,205	22	21	–	–
	9.35,5	123. 7,1	7	2,6	15 »	978,262	978,264	978,263	978,192	72	71	–	–
n	9. 4	123. 1,9	15	2,6	15 »	978,240	978,245	978,243	978,177	68	66	–	–
guete	9.18,5	123.18,4	3	2,6	15 »	978,226	978,227	978,227	978,184	43	43	—2	+3
an	8.29	124.38,6	6	2,5	27 »	978,238	978,240	978,239	978,161	79	78	—2	+3
balay	8. 2,5	125. 5,8	635	2,7	28 »	978,080	978,275	978,201	978,150	125	51	–	–
lau	8.16,8	124.56,2	740	2,7	29 »	978,087	978,314	978,228	978,156	158	72	–	–
gasag	8.45	124.47	6	2,6	30 »	978,213	978,215	978,214	978,168	47	46	0	+1
yan	8.59	124.52,8	3	2,6	30 »	978,286	978,287	978,287	978,174	113	113	–	–
og	8.49,4	125. 6	5	2,6	30 »	978,206	978,208	978,207	978,170	38	37	–	–
	8.30	124.19	5	2,6	2- V	978,247	978,249	978,248	978,161	88	87	–	–
	8.14,5	124.14,5	10	2,6	2 »	978,211	978,214	978,213	978,155	59	58		–
nbugan	8. 8	123.56	12	2,6	2 »	978,210	978,214	978,212	978,152	62	60	–	–
lan	8. 0,5	124.18,5	730	2,6	3 »	978,023	978,247	978,166	978,149	98	17	–	–
i	7.49,5	124. 7,5	701	2,6	3 »	978,047	978,262	978,185	978,144	118	41	–	–
ang	7.36	124. 4	3	2,5	3 »	978,211	978,212	978,212	978,139	73	73	–	–
ato	7.13,5	124.14,5	20	2,6	4 »	978,225	978,231	978,229	978,130	101	99	–	–
–Pagalungan	7. 4	124.39,5	25	2,6	4 »	978,198	978,206	978,203	978,127	79	76	–	–
ila	6.53	125.10	330	2,6	4 »	978,127	978,229	978,192	978,123	106	69	–	–
Cruz	6.50,5	125.24,5	5	2,5	4 »	978,177	978,179	978,178	978,122	57	56	–	–
	7. 4,5	125.37	3	2,5	5 »	978,104	978,105	978,105	978,127	—22	—22	0	+1
n	7.19	125.40,5	5	2,5	5 »	978,113	978,115	978,114	978,132	—17	—18	–	–
os	7.10,5	125.27,4	325	2,5	6 »	978,056	978,156	978,122	978,129	27	— 7	–	–
ag	8.16	124.37,5	420	2,7	9 »	978,126	978,255	978,206	978,155	100	51	–	–
	10.17,5	123.54,1	15	2,6	11 »	978,267	978,272	978,270	978,213	59	57	–	–
logan	11.46,4	124.52,9	6	2,6	12 »	978,366	978,368	978,367	978,263	105	104	–	–
yog	12. 4,2	124.36,5	4	2,6	12 »	978,368	978,369	978,369	978,274	95	95	–	–
	12.29,9	124.17,5	2	2,5	12 »	978,388	978,389	978,389	978,290	99	99	–	–
le	14.34,7	120.58,9	4	2,5	19 »	978,360	–	–	–	–	–	—1	—3
olo	14.35,5	121.10,5	193	2,7	25 »	978,399	978,459	978,436	978,376	83	60	0	+1
y	14.30	121.16,9	6	2,7	25 »	978,410	978,412	978,411	978,372	40	39	–	–
oan	14.25,5	121.26,6	5	2,7	25 »	978,396	978,398	978,397	978,369	29	28	–	–
njan	14.16,5	121.27,1	5	2,7	26 »	978,387	978,389	978,388	978,362	27	26	–	–
aloc	14. 9,7	121.38,4	85	2,7	26 »	978,349	978,375	978,366	978,357	18	9	–	–
an	14.11,7	121.43,8	4	2,5	26 »	978,395	978,396	978,396	978,359	37	37	–	–
au	14. 7,2	121.33,1	430	2,6	26 »	978,275	978,407	978,359	978,355	52	4	–	–
	14. 7,9	121.26,1	245	2,6	27 »	978,315	978,391	978,363	978,356	35	7	–	
Banos	14.10,9	121.13,3	7	2,6	27 »	978,390	978,392	978,391	978,358	34	33	–	–
omàs	14. 6,5	121. 8,4	140	2,6	27 »	978,339	978,382	978,367	978,355	27	12	–	–
a	14.20,3	121. 5,2	6	2,6	27 »	978,385	978,387	978,386	978,365	22	21	–	–
	14.19,2	120.45,8	6	2,5	27 »	978,357	978,359	978,358	978,364	— 5	— 6	–	–
McKinley	14.33,5	121. 2,3	40	2,5	1-VI	978,390	978,402	978,398	978,374	28	24	0	0
ge de Montalban	14.44	121. 8,7	58	2,6	3 »	978,417	978,435	978,429	978,382	53	47	–	–
le	14.34,7	120.58,9	4	2,5	5 »	978,360	–	–	–	–	–	—2	0
a-Wei	31.11,5	121.25,7	7	2,5	17 »	978,436	–	–	–	–	–	0	0


PHILIPPINE ISLANDS
BOUGUER ANOMALIES
SEA
PACIFIC
OCEAN
CHINA
LUZON
SAMAR
PANAY
MINDANAO
PALAWAN

régions montagneuses sont couvertes de fortes anomalies positives, contrairement à la loi générale. Ainsi les chaînes étroites qui bordent la côte ouest du Nord de Luzon, les chaînes le long de la côte est et les massifs de l'extrémité sud, la partie montagneuse au Nord-Est de Panay, l'arête qui forme l'ossature de Cebu, la région centrale de Mindanao, coïncident avec des zones où la gravité est en excès ([3]).

Nous avons pu approcher de nombreux volcans et établir quelques stations sur leurs pentes. En aucun cas, il n'a été possible de déceler une influence quelconque de ces masses pourtant imposantes : presque toujours, il est vrai, les lignes de volcans se placent au centre d'une bande d'anomalies plus faibles, mais aucun volcan, quelle que soit son importance, même dépassant largement 2000^m d'altitude, n'a d'action individuelle; on cherche en vain, une trace de l'Arayat (1000^m) du Banahao, de l'Isarog (1976^m), du Bulusan (1560^m) ou même du Mayon (2422^m) et de l'Apo (2953^m). Sur les flancs de l'Isarog, à Conçocep (532^m), l'anomalie est de 36 milligals, tandis qu'à Tigaon, station de plaine voisine, elle est de 34; sur le Mayon, à 773^m, elle est de 16, tandis que tout autour du volcan elle varie au voisinage de 21.

Ce fait s'explique aisément si l'on suppose que le volcan est formé de matériaux de surface qui se sont frayé un passage vers l'extérieur par une fissure étroite. Le volcan ne correspond pas à des dénivellations importantes de masses internes.

L'action des compensations de nombreuses fosses océaniques voisines des côtes, se fait nettement sentir : à l'extrémité Nord-Ouest de Luzon (Cap Bojeador + 166 mgals), à Samar (+ 100), au Sud-Ouest de Negros (+ 121), au Sud-Ouest et au Sud de Mindanao. Nous n'avons pu explorer la côte est de cette dernière île, mais l'anomalie de Surigao (+ 127), trouvée par le *Coast and Geodetic Survey*, révèle aussi l'action lointaine de la grande fosse du Pacifique.

L'anomalie de Davao (— 22) pourrait être l'extrémité nord de la longue bande d'anomalies négatives suivie par M. Vening Meinesz depuis le Sud de Sumatra jusqu'au Sud-Est de Mindanao.

([3]) Nous montrerons dans un prochain travail que ce fait peut s'expliquer sans que nécessairement la théorie isostatique soit en défaut.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages M. **Ejnar Hertzsprung**, à Leyde, est élu Correspondant pour la Section d'Astronomie, en remplacement de M. *Campbell*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Jules Lefèvre. *Manuel critique de Biologie* (présenté par M. P. Portier).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Mouvement brownien et schémas géométriques*. Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1\. Soient $[t]$ la position à l'instant t d'un point mobile dans un plan ; C sa trajectoire pour $0 \leqq t \leqq 1$; L_n la ligne brisée ayant pour sommets les points $[h/N]$ ($N = 2^n$; $h = 0, 1, \ldots, N$); S_n l'aire comprise entre L_n et L_{n+1}; $l_h^{(n)}$, ou simplement l_h, la longueur du $h^{\text{ième}}$ côté de L_n; $T_h^{(n)}$ le $h^{\text{ième}}$ triangle de S_n; $s_h^{(n)}$ son aire. Nous appliquerons ces notations : 1° à une courbe aléatoire Γ, trajectoire d'un point dans le mouvement brownien plan théorique (¹), les unités étant telles que $\mathfrak{M}\{l_h^2\} = 1/N$; 2° à une courbe aléatoire Γ', obtenue en prenant pour S_0 un triangle rectangle isoscèle d'hypoténuse $l_1^{(0)} = 1$, et en déterminant successivement les S_n par la condition que chaque $T_h^{(n)}$ soit semblable à S_0 et d'après un tirage au sort à chances égales placé d'un côté ou de l'autre du côté de L_n qui est son hypoténuse; 3° aux courbes C_0 et C_1 déduites respectivement du schéma précé-

(¹) C'est-à-dire que les propriétés connues du mouvement brownien subsistent à une échelle arbitrairement petite.

dent en supposant chaque $T_h^{(n)}$ toujours extérieur ou toujours intérieur à $T_k^{(n-1)}$ $(h=2k-1$ ou $2k)$. C_1 remplit exactement S_0; C_0 remplit une aire composée d'une infinité dénombrable de parties distinctes, de mesure totale égale à celle de S_0 ([2]).

Pour C_0 et C_1, chaque arc sous-tendu par un côté de L_n est semblable à la courbe entière; pour Γ et Γ', les propriétés probables de l'arc décrit pendant un intervalle de temps quelconque Δt sont les mêmes que celles de la courbe entière, mais à une échelle plus petite; dans les deux cas le rapport de similitude est $\sqrt{\Delta t}$. A ces points de vue, C_0 et C_1, ou même Γ' sont des schémas qui peuvent donner une idée du mouvement brownien. Mais « on ne peut pas imiter le hasard » (E. Borel); il y a nécessairement des différences, que nous allons préciser.

Pour C_0, C_1 et Γ', $A_n=\Sigma s_h^{(n)}=1/4$, $B_n=\Sigma l_h^2=1$; pour Γ, il est presque sûr que $4A_n$ et B_n tendent vers 1, pour n infini. Pour C_0 et C_1, une loi précise fait que les triangles d'un même S_n ne se recouvrent pas; le hasard ne peut pas produire ce résultat; pour Γ et Γ', S_n est, si n est grand, une aire très petite recouverte en moyenne un grand nombre de fois, et il est presque sûr, non seulement que sa mesure tend vers zéro, mais que la courbe limite est un ensemble de mesure superficielle nulle.

Ce fait entraîne des conséquences importantes pour la théorie des équations différentielles stochastiques : X et Y étant les coordonnées du point $[t]$ de Γ, il est presque sûr que l'intégrale de $Y\,dX$, définie comme limite d'une somme, existe; plus généralement, P et Q étant des fonctions continues à la Lipschitz, le problème de Cauchy relatif à l'équation différentielle

$$dU=P(X, Y, U)\,dX+Q(X, Y, U)\,dY \qquad (1)$$

admet une solution et une seule : les approximations fournies par la méthode de Cauchy-Lipschitz convergent presque sûrement vers une limite, fonctionnelle non aléatoire des fonctions aléatoires X et Y ([3]).

Soient r et θ les coordonnées polaires de $[t+\Delta t]$, l'origine étant en $[t]$;

([2]) Cf. *Journal de l'École polytechnique*, 3e série, n° 8, 1938, p. 271-278.

([3]) M. S. Bernstein, dans un important Mémoire de 1933, a seulement montré que ces approximations dépendent de lois tendant vers une limite. Notre résultat est au sien ce que la loi forte des grands nombres est au théorème de Bernoulli. Il s'étend au mouvement brownien dans l'espace, et aussi au cas de variables aléatoires beaucoup plus générales.

r^2 est en général de l'ordre de grandeur de Δt. Mais, tandis que pour C_0, C_1 et Γ', $r^2/\Delta t$ est sûrement borné, pour Γ, t étant fixe et Δt tendant vers zéro, on sait que ce rapport atteint presque sûrement une infinité de fois $\log\log 1/\Delta t$. Les variations de θ sont, au contraire, en première approximation, de la même nature pour toutes ces courbes : il est sûr, pour C_0, C_1 et Γ', et presque sûr, pour Γ, que, sauf pour des valeurs de t constituant un ensemble de mesure nulle, θ prend une infinité de fois n'importe quelle valeur finie.

2. Modifions la définition de L_n en prenant pour sommets de cette ligne brisée les positions de $[t]$ pour $n-1$ instants $t_1, t_2, \ldots, t_{n-1}$ choisis au hasard entre zéro et un (avec répartition uniforme de la probabilité), puis rangés par ordre de grandeur. Γ a alors presque sûrement la propriété suivante : il est presque sûr que $B_n = \Sigma l_h^2$ (qui a maintenant, pour chaque courbe, un caractère aléatoire) tend vers un pour n infini. Une courbe peut à ce point de vue donner une idée de l'agitation brownienne si, pour chaque arc, il est presque sûr que la somme analogue à B_n relative à cet arc tend vers une limite L finie et non nulle, que nous appellerons *mesure de l'agitation brownienne*. C_0 et C_1 ont cette propriété, et Γ' l'a presque sûrement, L étant proportionnel à Δt (variation de t sur l'arc considéré). Ces résultats s'étendent au mouvement brownien dans l'espace et aux courbes gauches déduites de C_0 en faisant tourner chaque $T_h^{(n)}$ autour de son hypoténuse d'un angle choisi au hasard, suivant une loi quelconque, mais indépendante de n et h.

Soit $\overline{B}_n$ le maximum de B_n quand on fait varier les sommets de L_n. Pour Γ, il est presque sûr que $\overline{B}_n$ augmente indéfiniment avec n. Les courbes C_0, C_1 et Γ', pour lesquelles $\overline{B}_n$ est sûrement borné, sont donc à ce point de vue trop régulières pour donner une idée exacte du mouvement brownien.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE DIRECTE. — *Contribution au problème de M. Fréchet* [1] *relatif à la recherche d'une paramétrisation dérivable pour les courbes douées d'une tangente en tout point.* Note de M. **Christian Pauc**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Notations. — $\mathcal{H}$ étant un espace distancié, une fonction continue p faisant correspondre à toute valeur τ d'un intervalle de nombres $[\alpha, \beta]$ avec $\alpha < \beta$ un point $p(\tau)$

---

[1] *Fund. Math.*, **26**, 1936, p. 334. Résultats déjà obtenus : Valiron, *Nouv. Ann. Math.*, **84**, 1927, p. 46-51 ; Ward, *Fund. Math.*, **28**, 1937, p. 280-288.

de $\mathcal{H}$ définit une *courbe* C *de* $\mathcal{H}$ (²); nous notons la dépendance entre C, p et $[\alpha, \beta]$ par l'écriture C : $p[\alpha, \beta]$; nous considérons à côté du point $p = p(\tau)$ dit *point géométrique*, le *point mobile* ou *point affecté d'un rang sur* C (²), $\tilde{p} = \tilde{p}(\tau)$; p en est appelé le *support* et nous notons $p = |\tilde{p}|$; nous posons $\tilde{a} = \tilde{p}(\alpha)$, $\tilde{b} = \tilde{p}(\beta)$. Soient $\tilde{p}'$ et $\tilde{p}''$ deux points sur C distincts, de supports respectifs p' et p''; quand $\tilde{p}$ va de $\tilde{p}'$ à $\tilde{p}''$, $\tilde{p}$ décrit une courbe $C_{\tilde{p}', \tilde{p}''}$; nous posons

$$\rho(\tilde{p}', \tilde{p}'') = \text{rayon minimum d'une sphère de centre } p' \text{ incluant } C_{\tilde{p}', \tilde{p}''},$$
$$\chi(\tilde{p}', \tilde{p}'') = [\rho(\tilde{p}', \tilde{p}'')/\text{distance de } p' \text{ à } p''], \text{ si } p' \neq p'', = \infty \text{ si } p' = p'';$$

puis, $\tilde{p}$ représentant un point sur C :

$$\text{pour } \tilde{p} < \tilde{b}, \quad \chi_d(\tilde{p}) = \lim\sup.\, \chi(\tilde{p}, \tilde{p}'') \quad \text{lorsque } \tilde{p}'' \to \tilde{p} \quad \text{avec } \tilde{p}'' > \tilde{p};$$
$$\text{pour } \tilde{p} > \tilde{a}, \quad \chi_g(\tilde{p}) = \lim\sup.\, \chi(\tilde{p}, \tilde{p}') \quad \text{lorsque } \tilde{p}' \to \tilde{p} \quad \text{avec } \tilde{p}' < \tilde{p}.$$

La *représentation* $p[\alpha\beta]$ de C est *propre* (²) s'il n'existe aucun sous-intervalle $[\tau_2\tau_3]$ de $[\alpha\beta]$ avec $\tau_1 < \tau_2$ sur lequel p soit constante; tout point $\tilde{p}$ correspond alors à une seule valeur de τ; la représentation propre $p^*[\alpha^*\beta^*]$ la plus générale de C s'en déduit, partant d'une fonction continue croissante φ définie sur $[\alpha\beta]$, arbitraire, et posant

$$\alpha^* = \varphi(\alpha), \qquad \beta^* = \varphi(\beta),$$
$$\tau^* \varepsilon [\alpha^*\beta^*], \qquad p^*(\tau^*) = p[\varphi^{-1}(\tau^*)] \qquad (\varphi^{-1} = \text{fonction inverse de } \varphi).$$

Si $\mathcal{H}$ est un espace euclidien $\mathcal{E}_n$ avec $n > 1$, par *demi-tangente droite* (*gauche*) de C en $\tilde{p}$, nous entendons une demi-droite R jouissant de la propriété suivante : il existe une suite $\tilde{p}_2, \ldots, \tilde{p}_m, \ldots$ de points sur C à droite (gauche) de $\tilde{p}$, convergeant vers $\tilde{p}$ avec $|\tilde{p}_m| \neq |p|$ pour $m = 1, 2, \ldots$, telle que le rayon d'origine $p = |\tilde{p}|$ portant $|\tilde{p}|$ ait R comme position limite lorsque $m \to \infty$; le *contingent postérieur* (*antérieur*) (³) de C en $\tilde{p}$ est l'ensemble des demi-tangentes droites (gauches) de C en $\tilde{p}$, le contingent est la réunion du contingent antérieur et du contingent postérieur. C admet en $\tilde{p}$ une tangente si ce contingent ne comprend qu'un rayon ou deux rayons opposés; si la première alternative se présente et si $\tilde{a} < \tilde{p} < \tilde{b}$ la *tangente* est dite de *rebroussement*, autrement elle est dite *ordinaire*.

THÉORÈME I. — *Si la courbe* C *admet en* p_0 *une tangente, une condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe une représentation paramétrique propre de* C : $p[\alpha\beta]$ *telle que,* τ_0 *désignant la valeur du paramètre correspondant à* $\tilde{p}_0$, *la fonction* p *possède en* τ_0 *une dérivée* $\neq$ *vecteur nul est que*

1° *la tangente soit ordinaire*;

2° $\chi_d(\tilde{p}_0) = \chi_g(\tilde{p}_0)$ si $\tilde{a} < \tilde{p}_0 < \tilde{b}$, $\chi_d(\tilde{p}_0) = 1$ si $\tilde{p}_0 = \tilde{a}$ (⁴), $\chi_g(\tilde{p}_0) = 1$ si $\tilde{p}_0 = \tilde{b}$.

(²) Ces notions se trouvent dans notre Note des *Rend. della R. Acc. N. dei Lincei*, 27, 1938, p. 167-169.

(³) BOULIGAND, *Intr. à la Géométrie infinitésimale directe*, Paris, 1932, p. 113.

(⁴) Dans l'exemple de M. Valiron (*loc. cit.*, p. 50-51) à l'origine de la courbe $\chi_d > 1$.

THÉORÈME II. — *Si* C *est une courbe rectifiable dont la représentation au moyen de l'arc s est* $\lambda[0, s(C)]$, *pour presque toutes les valeurs de s*

$$\chi_a(\bar{\lambda}) = \chi_g(\bar{\lambda}) = 1 \qquad [\bar{\lambda} = \bar{\lambda}(s)].$$

Construction d'une courbe C *telle que pour une infinité non dénombrable de* $\tilde{p}$, χ_d *soit* > 1 (5). — Fixons-nous dans le plan muni de deux axes de coordonnées rectangulaires $a\xi$, $a\eta$ un arc $\mathcal{A}$ d'origine $a = (0, 0)$ et d'extrémité $b = (1, 0)$, doué d'une tangente continue, la demi-tangente en a ayant la direction de a vers b, la demi-tangente en b, la direction de b vers a et tel que la distance de a du point de $\mathcal{A}$ le plus éloigné de a soit > 1; ξ_1 et ξ_2 étant deux nombres positifs quelconques avec $\xi_1 < \xi_2$, nous nommons $\mathcal{A}_{\xi_1\xi_2}$ l'arc semblable à $\mathcal{A}$ d'origine $(\xi_1, 0)$ et d'extrémité $(\xi_2, 0)$ et nous en choisissons une représentation paramétrique ayant $[\xi_1, \xi_2]$ comme intervalle de définition; D désignant le discontinu de Cantor de l'intervalle $I = [0, 1]$, nous définissons une courbe C : $q[0, 1]$ ainsi :

si $\tau \varepsilon D$, $q(\tau) = (\tau, 0)$;

si $\tau \varepsilon I - D$, τ_1 et τ_2 étant les extrémités du sous-intervalle de I contigu à D et contenant τ, $q(\tau) =$ point de paramètre τ sur $\mathcal{A}_{\tau_1\tau_2}$.

Alors C *est une courbe rectifiable, douée partout d'une tangente et quel que soit* $\tau \varepsilon D$, χ_d *a en* $\bar{q}(\tau)$ *une valeur* > 1.

THÉORÈME III. — C *étant une courbe de* E_n *dont le contingent en chaque point de* C *laisse échapper une variété linéaire* $(n-1)$ *dimensionnelle, quelle que soit sa représentation propre* $p[\alpha, \beta]$, *la fonction p admet presque partout sur* $[\alpha, \beta]$ *une dérivée* $\neq$ *vecteur nul.*

Démonstration. — Tenant compte de la propriété d'une fonction monotone croissante φ définie sur un intervalle $[\alpha, \beta]$ d'avoir presque partout une dérivée finie non nulle, il nous suffit d'établir le théorème pour une représentation propre particulière de C; nous choisissons celle de M. Fréchet (6) $f[0, 1]$; les coordonnées de $f(\sigma)$ sont d'après M. Ward (7), des fonctions VBG (8) de σ; par conséquent $f(\sigma)$ est dérivable presque partout sur $[0, 1]$; or, d'après la proposition fondamentale de M. Fréchet, la dérivée de f, là où elle existe, est $\neq$ vecteur nul, ce qui établit ce théorème :

---

(5) Nous empruntons l'idée de cette construction à M. Ward (*loc. cit.*, p. 281-282).

(6) *Journ. de Math. p. et app.*, 4, 1925, p. 281-297; part. p. 292-293.

(7) *Loc. cit.*, p. 284-285.

(8) SAKS, *Theory of the Integral*, Warszawa, 1937, p. 228 et 230.

Nouvel énoncé du problème de M. Fréchet. — C étant une courbe admettant partout une tangente, existe-t-il une représentation propre de $C : p[\alpha, \beta]$, la fonction p admettant partout une dérivée, nulle seulement pour les valeurs du paramètre où n'est pas vérifiée la condition du théorème I?

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur un balayage d'ensembles fermés.* Note de M. **Marcel Brelot**.

1. Je vais étendre ici aux ensembles fermés quelconques l'idée de l'*hyperbalayage* étudié précédemment ([1]) pour la fermeture d'un domaine borné, tout en complétant grâce à un résultat récent de M. de la Vallée Poussin ([2]), dont la présente Note n'est qu'une transposition.

2. Soit (espace à $n \geq 2$ dim.) F borné fermé de frontière Φ. On donne sur Φ une fonction continue φ que l'on prolonge continûment partout; à une suite Ω_n d'ensembles ouverts bornés (par exemple, réguliers) décroissants, de limite F, correspond une suite de solutions du problème de Dirichlet dont la limite v sur F est indépendante de Ω_n et du prolongement de φ (dite solution pour F et φ). Un point O de Φ sera dit *stable* pour F si $v(O) = \varphi(O)$ quel que soit φ (sinon instable). On notera Φ_s l'ensemble des points stables. Pour que O soit stable, il faut et il suffit que pour toute distribution de masses ≤ 0 sur F (ou seulement sur Φ) au voisinage de O, le potentiel (assujetti si l'on veut à être borné au voisinage de O) soit égal en O à sa p. g. l. par l'extérieur CF. D'où la définition locale et générale de stabilité d'un point-frontière d'un ensemble fermé quelconque.

Si F borné fermé est dans ω ouvert où u est un sous-harmonique, la famille des fonctions sur F dont le prolongement par u est s. h. dans tout ω, admet une enveloppe supérieure qui est de la même famille et sera dite *extrémale* de u sur F. C'est aussi la limite de la plus petite ou de la meilleure majorante harmonique de u dans Ω_n (donc ne dépend que de u hors F). Sur Φ_s, elle vaut u et même sa p. g. l. en chaque point par CF ([3]).

3. Soit une distribution μ de masses ≤ 0 sur F (borné fermé), de poten-

---

([1]) Voir *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 638 et 1162.

([2]) *Bull. Ac. royale des Sciences de Belgique*, **24**, 1938, p. 672.

([3]) Résultats extraits d'un mémoire à l'impression; je rappelle que l'idée d'un problème de Dirichlet *par l'extérieur* revient à MM. Keldych et Lavrentieff, qui l'ont approfondie pour certains domaines.

tiel u. Remplaçons sur Fu par son extrémale. A la nouvelle fonction *s. h.* u' correspond une distribution μ' (de masses ≤ 0 sur F) dont le potentiel est exactement u' (avec même masse totale). Ce passage de μ à μ' *conservant le potentiel hors* F et le rendant *maximum* sur F s'appellera (plutôt qu'hyper-balayage) *extrémisation* des masses données sur F ; le potentiel est conservé sur Φ_s et μ' ne charge que Φ [on comparera, lorsque F est de capacité > 0, avec le *balayage* de F ([4]) qui conserve le potentiel hors F et à peu près partout sur Φ, et sous ces conditions le rend maximum sur F]. Définition par changements de signe pour des distributions de masses ≥ 0.

Soit ν^P la distribution ainsi obtenue à partir de la masse 1 en P de F. La solution pour F et φ s'exprime $\int_F \varphi(S)\, d\nu^P(S)$; P de Φ n'est stable que si ν^P se réduit à la charge 1 de P. L'extrémale de w (*s.h quelconque*) sur F est $\overset{\circ}{w} = \int_F w(S)\, d\nu^P(S)$. On en tire que si μ ne charge que Φ_s, son potentiel coïncide sur F avec son extrémale (invariance par extrémisation).

4. *Dans l'espace ordinaire,* M. de la Vallée Poussin appelle régulier pour Ω (en un sens nouveau) tout point-frontière d'un ensemble ouvert Ω, s'il existe sur $\Omega + O$ un ensemble fermé ε dont O soit point-frontière régulier (c'est-à-dire au sens du problème de Dirichlet-Wiener, pour $C\varepsilon$, borné si l'on veut par une grande sphère). Puis il établit qu'étant donnée une distribution de masses sur la frontière supposée bornée de Ω, il en existe sur ses points-frontière « réguliers pour Ω », une et une seule conservant le potentiel sur Ω.

J'établis que cette régularité coïncide avec la stabilité de O pour $C\Omega$. Revenons alors au début du n° 3 et appliquons à μ' et CF le théorème d'existence précédent. Il vient μ'' ne chargeant que Φ_s. Son potentiel coïncide avec son extrémale sur F, donc partout avec celui de μ'. D'où $\mu' \equiv \mu''$. Ainsi l'extrémisation *ne charge que* Φ_s (et aucun ensemble de capacité nulle sans charge initiale).

Conséquences. — 1° $\overset{\circ}{u}$ pour u s. h. quelconque ne dépend *que* de u sur Φ_s, ou de $\overset{\circ}{u}$ sur Φ_s ou des p.g.l. de u sur Φ_s par l'extérieur de F; 2° Φ_s est partout dense sur Φ; en O instable, Φ_s est de capacité > 0, mais $F - \Phi_s$ est un quasi-voisinage de O.

([4]) Défini indépendamment par M. Frostman (*Acta Szeged*, **9**, 1938, fasc. 1, p. 43) et moi-même (*Bull. Ac. royale des Sciences de Belgique*, **24**, 1938, p. 436) de manières équivalentes et qui reviennent à celle du texte.

Pour μ donné sur F, il n'y a qu'une distribution $\leq$ o sur Φ_s conservant le potentiel hors F (car le potentiel valant l'extrémale sur F est déterminé, ou d'après l'affirmation d'unicité de M. de la Vallée Poussin).

Passons à F fermé quelconque à frontière (non vide) Φ de partie stable Φ_s. On se ramène au cas précédent par l'inversion de M. M. Riesz ([5]) d'un point extérieur. A partir d'une distribution $\leq$ o sur F (à potentiel fini hors F) on trouve sur F une même distribution $<$ o, unique avec potentiel maximum sur F et conservé hors F, unique sur Φ_s avec même potentiel hors F.

Enfin, à partir d'une distribution quelconque sur F fermé (différence de deux distributions $\leq$ o, chacune à potentiel fini hors F), on trouve une distribution (de cette nature) sur Φ_s, avec même potentiel hors F, l'unicité est assurée par une inversion et l'unicité de M. de la Vallée-Poussin. L'opération générale pourra s'appeler *stabilisation* des masses données.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la semi-convergence des séries et en particulier de celles de Dirichlet.* Note de M. **Aryeh Dvoretzky**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. En étudiant les séries de Dirichlet j'ai établi le théorème suivant :

Théorème I. — *Soit*

$$(1)\qquad f(z)=\sum_{n=1}^{\infty} a_n e^{-\lambda_n z} \qquad (0\leq\lambda_1<\lambda_2<\ldots<\lambda_n<\lambda_{n+1}\uparrow\infty,\ z=\sigma+it)$$

une série de Dirichlet dont les coefficients sont réels, et dont les abscisses de convergence et de convergence absolue ne coïncident pas ($\mathcal{C}<\mathcal{A}\leq+\infty$).

Soit $\mathcal{C}<\sigma_0<\mathcal{A}$; *changeons l'ordre des termes de* $\Sigma a_n e^{-\lambda_n\sigma_0}$ *en conservant l'ordre des termes positifs et l'ordre des termes négatifs entre eux, ainsi que la convergence de la série ainsi obtenue,* $\Sigma a_{n'} e^{-\lambda_{n'}\sigma_0}$.

Posons

$$(2)\qquad S(z)=\sum_{n=1}^{\infty} a_{n'} e^{-\lambda_{n'} z},$$

alors la série (2) *converge dans le demi-plan* $\sigma>\sigma_0$, *uniformément dans*

([5]) M. Riesz, *Acta Szeged*, 9, 1938, fasc. 1, p. 13.

chaque secteur $\arg[z-(\sigma_0+\varepsilon)]<(\pi/2)-\delta$ (ε, δ *arbitrairement petits*). *Et dans ce demi-plan on a* $S(z)\equiv f(z)$.

Si $S(\sigma_0)\neq f(\sigma_0)$, *alors* $S(z)$ *diverge proprement dans le segment* $\mathcal{C}<\sigma<\sigma_0$, *vers* $+\infty$ *ou* $-\infty$ *selon que* $S(\sigma_0)>f(\sigma_0)$ *ou* $S(\sigma_0)<f(\sigma_0)$.

Ces séries du type $\Sigma a_{n'}e^{-\lambda_{n'}z}$ (qui sont des séries de type $\Sigma b_n e^{-\mu_n z}$ avec μ_n réels $\mu_n\to+\infty$, mais sans la condition $\mu_n<\mu_{n+1}$), fournissent une grande classe d'exemples dans lesquels on a convergence dans un demi-plan et si $z\to z_0$ sur la frontière de ce demi-plan $\lim S(z)$ existe toujours et en supposant $z_0=\tau_0$ la série converge en z_0, mais $S(z_0)\neq\lim\limits_{z\to z_0}S(z)$.

2. Ce théorème découle comme cas particulier des théorèmes suivants :

Théorème II. — *Soit* $f=\Sigma a_n$ *une série convergente de termes réels et soit* $s=\Sigma a_{n'}$ *une nouvelle série, obtenue par un arrangement du type considéré ci-dessus, convergent lui aussi, et soit* g_n *une suite de nombres réels ou complexes tendant vers zéro.*

Posons $F=\Sigma a_n g_n$ et $S=\Sigma a_{n'}g_{\nu'}$, alors on a $F=S$ dans ce sens que si l'une des deux séries converge, l'autre converge aussi et a la même somme.

Pour démontrer II posons

$$\alpha_n=\frac{1}{2}(|a_n|+a_n),\qquad \beta_n=\frac{1}{2}(|a_n|-a_n),$$

$$A_n=\sum_{\nu=1}^{n}\alpha_\nu,\qquad \overline{A_n}=\sum_{\nu=1}^{n}\alpha_\nu g_\nu,\qquad B_n=\sum_{\nu=1}^{n}\beta_\nu,\qquad \overline{B_n}=\sum_{\nu=1}^{n}\beta_\nu g_\nu,$$

et soient f_n, S_n, F_n, S_n les sommes des n premiers termes de f, s, F et S. Alors

$$f_n=A_n-B_n,\qquad F_n=\overline{A_n}-\overline{B_n},\qquad s_n=A_k-B_l,\qquad S_n=\overline{A_k}-\overline{B_l}$$

(si $s_n>f_n$, on a $k\geqq n\geqq l$, et si $s_n<f_n$, on a $k\leqq n\leqq l$), d'où

$$(3)\qquad |S_n-F_n|=|\overline{A_k}-\overline{A_n}|+|\overline{B_n}-\overline{B_l}|\leqq|s_n-f_n|\,G_m,$$

où $m=\min(k,l)$ et $G_m=\max|g_\nu|$ pour $\nu>m$. Car $m\to\infty$ avec n, $G_m\to 0$, d'où le théorème.

De la même manière on obtient :

Théorème III. — *Dans les conditions de* II *si* h_n *est une suite de nombres positifs tendant vers* $+\infty$ *et si* $f\neq s$ *de la convergence de* $\Sigma a_n h_n$ *découle la divergence propre de* $\Sigma a_{n'}h_{n'}$ *vers* $+\infty$ *ou* $-\infty$ *selon les cas* $f>s$ *et* $f<s$.

Théorème IV. — *Dans les conditions de* II *si* $g_n=g_n(z)$ *et* $g_n(z)\to 0$ *uniformément dans un domaine* D; *si l'une des séries* $F(z)$, $S(z)$ *converge*

uniformément dans D, *l'autre converge aussi uniformément et l'on a dans* D : $S(z) \equiv F(z)$.

COROLLAIRE. — *Comme on voit de* (3) *les théorèmes* II, IV *et la partie correspondante de* I *restent vrais si, au lieu de supposer que f et s sont convergentes, nous supposons seulement qu'elles sont d'oscillation bornée, ou, plus encore, que* $|f_n - s_n|$ *est borné.*

3. Remarquons que ces théorèmes restent vrais pour une classe d'arrangements plus étendue que celle que nous venons de considérer, mais ils ne sont pas vrais pour des arrangements quelconques, comme on voit aisément à l'aide d'exemples simples. (On peut construire des exemples dans lesquels tous les g_n sont > 0.)

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur la notion de stabilité.* Note [1] de MM. **Marcel Godefroy** et **Henri Poncin**, présentée par M. Henri Villat.

Nous considérons dans cette Note les systèmes mécaniques S qui satisfont aux conditions suivantes : 1° l'état du système à l'instant t peut être représenté par un point M dans un espace E_n à n dimensions; 2° il existe une configuration stationnaire représentée par le point O; 3° l'évolution de S à partir d'une configuration M_0 est définie par la loi

$$d\overline{M} = [\overline{\overline{\alpha}}\,\overline{M} + \overline{h}(M)]\,dt, \tag{1}$$

la matrice $\|\alpha\|$ ne dépend ni du temps ni du point M; $\overline{h}(M)$ est un vecteur infiniment petit par rapport à OM.

Imaginons un système fictif S′ qui possède à l'instant t une configuration identique à celle de S et dont l'évolution obéit à la loi infinitésimale

$$d\overline{M}' = \overline{\overline{\alpha}}\,\overline{M}'\,dt. \tag{2}$$

La simplification analytique du phénomène étudié, qui consiste à assimiler S et S′, conduit dans certains cas à des représentations totalement infidèles. Aussi nous sommes-nous proposé d'obtenir des résultats précis relatifs aux états correspondants des deux systèmes et d'évaluer aussi strictement que possible les inégalités qui expriment que la physionomie du phénomène est sauvegardée dans son ensemble par la substitution de S′ à S.

---

(1) Séance du 5 décembre 1938.

Les évolutions de S et S′ entre les instants t_0 et t définissent dans l'espace E_n deux transformations ponctuelles, l'une T associant M_0 et M, l'autre T′ associant M_0 et M′. T′ est biunivoque pour toute valeur de t et dans de larges conditions relatives au vecteur $\bar{h}$, T est biunivoque pour tout intervalle de temps, si M_0 reste à une distance déterminée de O. Ceci nous permet de définir la transformation à un paramètre $\tau(t) = T'^{(-1)} \times T$ qui associe M et M′ et pour laquelle O est un point invariant.

M. Godefroy a démontré que, pour toute valeur finie de t, la transformation τ est tangente en O à la transformation identique. De ce résultat fondamental on déduit la possibilité d'associer à tout groupe de valeurs ε et θ arbitrairement donné une valeur λ pour laquelle les deux inégalités $t < \theta$ et $OA < \lambda$ entraînent l'inégalité $MM' < \varepsilon OM'$. Si l'on convient, par abréviation de langage, de définir la distance de deux états correspondants de S et de S′, par la distance des points M et M′ qui leur sont associés, on peut dire que si la configuration initiale est suffisamment voisine d'une configuration stationnaire, la distance de S′ à S est arbitrairement petite pour tout intervalle de temps fixé *a priori*.

Désignons par N l'ensemble des conditions nécessaires et suffisantes pour que le domaine de variation de M′ reste borné. On peut définir une fonction $F(t)$ telle que l'inégalité

$$(1-\varepsilon)\,F(t)\,OM_0 < OM < (1+\varepsilon)\,F(t)\,OM_0$$

soit vérifiée si

$$OM_0 < \lambda,$$

pour toute valeur finie de t. Si les conditions N ne sont pas réalisées, $F(t)$ augmente indéfiniment avec t et l'on peut associer à tout ensemble de valeurs λ, H une valeur θ telle que l'inégalité $OM > (1-\varepsilon)H.OM_0$ soit vérifiée si $OM_0 < \lambda$ et si $t > \theta$, même pour des valeurs infiniment petites de λ. Les propriétés qui caractérisent l'évolution de S et S′ sont indépendantes du mode de représentation de l'état du système : elles restent invariantes pour toute transformation ponctuelle qui affecte simultanément les points M et M′ dans l'espace E_n. Or, si nous effectuons la transformation M, P pour laquelle la matrice $\|\alpha\|$ devient une matrice diagonale $\|\alpha_P\|$ à coefficients purement imaginaires, nous constatons que $F(t)$ peut être prise égale à l'unité. Lorsque les conditions N sont réalisées, il est donc possible de définir dans l'espace E_n une représentation de l'évolution du système, telle qu'à tout groupe de deux nombres ε et θ, donnés à l'avance, se trouve associé un nombre λ pour lequel les inégalités $OP_0 < \lambda$,

$t_0 - t < t_0 + \theta$ entraînent $OP < \lambda(1+\varepsilon)$. Dès lors deux cas peuvent se présenter : 1° il est possible de définir un domaine D_0 renfermant O et tel que M reste intérieur à D_0 si M_0 est lui-même intérieur à D_0. Ceci correspond à la stabilité de la configuration stationnaire, au sens strict du terme. Les conditions N sont des conditions nécessaires à la stabilité au sens strict, mais ce ne sont pas des conditions suffisantes; 2° il est possible de définir un domaine D_0 tel que pour tout intervalle de temps θ donné *a priori* et pour tout nombre ε arbitrairement petit, M reste intérieur au domaine que l'on déduit de D par l'homothétie $H(O \mid 1+\varepsilon)$ si M_0 est lui-même intérieur à D_0. Cette propriété qui caractérise de façon précise l'évolution de S au voisinage d'une configuration stationnaire étant très voisine de la notion de stabilité au sens habituel, on peut lui donner le nom de stabilité au sens large. Elle s'applique en particulier et de façon immédiate à tout problème pour lequel il serait illusoire d'étendre l'étude du mouvement à un intervalle de temps de trop grande amplitude. Les conditions N sont des conditions nécessaires et suffisantes de la stabilité au sens large.

Comme application signalons les configurations d'un fluide parfait présentant des files de tourbillons ponctuels soumis à certaines liaisons (2). La configuration stationnaire correspond à la disposition régulière des centres tourbillonnaires étudiée par M. Bénard, et l'évolution du système à partir d'une configuration voisine est régie par une loi du type (1). Les résultats énoncés permettent de préciser le rôle exact des conditions de stabilité classiques de ces configurations.

Signalons en outre que la théorie peut être étendue à des cas où l'évolution du système est caractérisée par un ensemble fonctionnel plus général que l'ensemble (1) défini au début de cette Note.

CHRONOPHOTOGRAPHIE. — *Chronophotographie et écoulements à girations.* Note (1) de MM. **Adrien Foch** et **Charles Chartier**, présentée par M. Marcel Brillouin

I. Quand, pour rendre visibles des écoulements fluides, on utilise des particules lamellaires (aluminium, graphite etc.) éclairées en lumière parallèle,

(2) Cf. M. Godefroy, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 18.

(1) Séance du 12 décembre 1938.

on constate, si l'écoulement est laminaire, une égale brillance de la particule sur sa trajectoire; si l'écoulement est turbulent, on observe des variations de brillance donnant aux trajectoires l'aspect d'un *pointillé* formé de tirets aux extrémités effilochées. La longueur de ces tirets diminue quand augmentent soit la turbulence, soit la vitesse du courant fluide; la diminution s'accentue jusqu'à donner un véritable *ponctué* aux grandes vitesses (de l'ordre par exemple de 80 m/s dans l'air). D'autre part, les conditions d'écoulement restant les mêmes, les particules fines (dimensions de l'ordre de $0^{mm},01$) donnent plus vite le ponctué que les particules plus grosses, dont une dimension est par exemple de l'ordre de quelques dixièmes de millimètre.

Les phénomènes précédents s'interprètent bien si l'on admet que, dans un éclairage en lumière parallèle, la quantité de lumière renvoyée vers l'objectif par la surface de la particule dépend étroitement de l'orientation et de la grandeur de cette dernière. Un fait vient d'ailleurs à l'appui de cette opinion : quand la source éclairante a un diamètre apparent notable, l'orientation de la particule n'intervient plus au même degré et les trajectoires tendent à reprendre l'aspect continu classique.

Or, *en régime turbulent à vitesse constante*, *les variations de brillance des particules entraînées présentent une périodicité très nette* (2). A partir de cette périodicité et si l'on connaît la vitesse générale de l'écoulement et la distance de deux maximums de brillance, on peut calculer la fréquence de rotation de la particule. Voici deux exemples.

II. Le premier est relatif à un mouvement rotationnel organisé. On sait que, dans l'écoulement autour d'un profil d'aile, il s'échappe de chaque extrémité libre un tourbillon d'extrémité schématiquement figuré par un long tube autour duquel les trajectoires s'enroulent en lignes hélicoïdales.

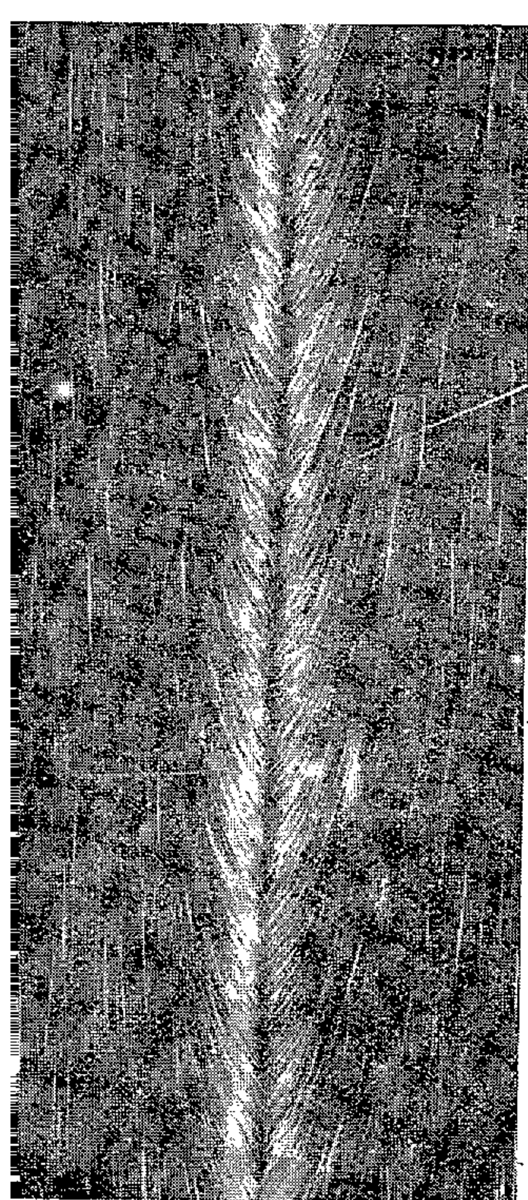
Le tourbillon (*fig.* 1 *a*), rendu visible à l'aide de particules d'aluminium sous éclairage parallèle venant de la gauche perpendiculairement à l'axe d'observation, se présente sous forme d'un épi dont la partie gauche est plus rapprochée de l'observateur que la partie droite. Soit une particule suivant une ligne de courant hélicoïdale ABCDE (*fig.* 1 *b*) située sur le cylindre formé par les lignes hélicoïdales de même nature. Une face de la lamelle renvoie de la lumière vers l'objectif quand la particule décrit l'arc AB de sa trajectoire, et du côté opposé à l'objectif quand elle décrit l'arc BC. La face opposée éclaire l'objectif quand la lamelle décrit l'arc CD et cesse de le faire sur

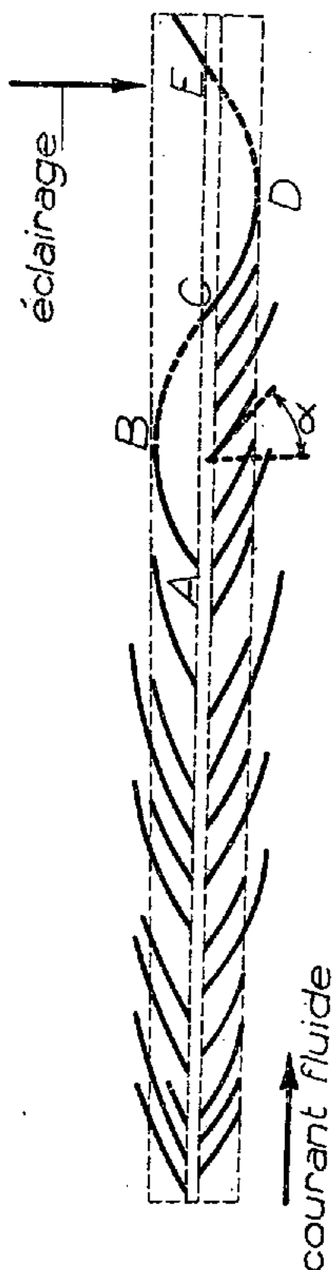
---

(2) En régime laminaire, la particule (qui se place *suivant* la ligne de courant de manière à présenter la moindre résistance) suit cette ligne de courant sans tourner et par conséquent présente une égale brillance sur tout son trajet.

tout l'arc DE. Or dans la figure 1 (*a*), nous trouvons un épi dont le diamètre est $d = 19^{mm}$. Cet épi est la projection d'un faisceau de trajectoires en hélices, de pas $h = r\,d\,\tan\alpha$ égal à 103^{mm}, l'inclinaison de l'hélice $\tan\alpha$ apparaissant en vraie grandeur sur la photographie. La vitesse générale étant de 2 m/s, la fréquence de notation est égale à $2r(V/h) = 118$.

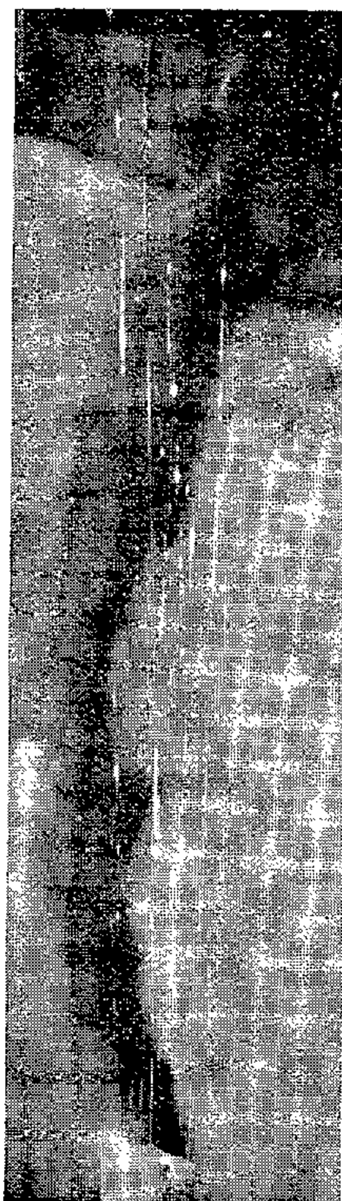
Une interprétation semblable s'appliquerait aux aspects souvent énigma-

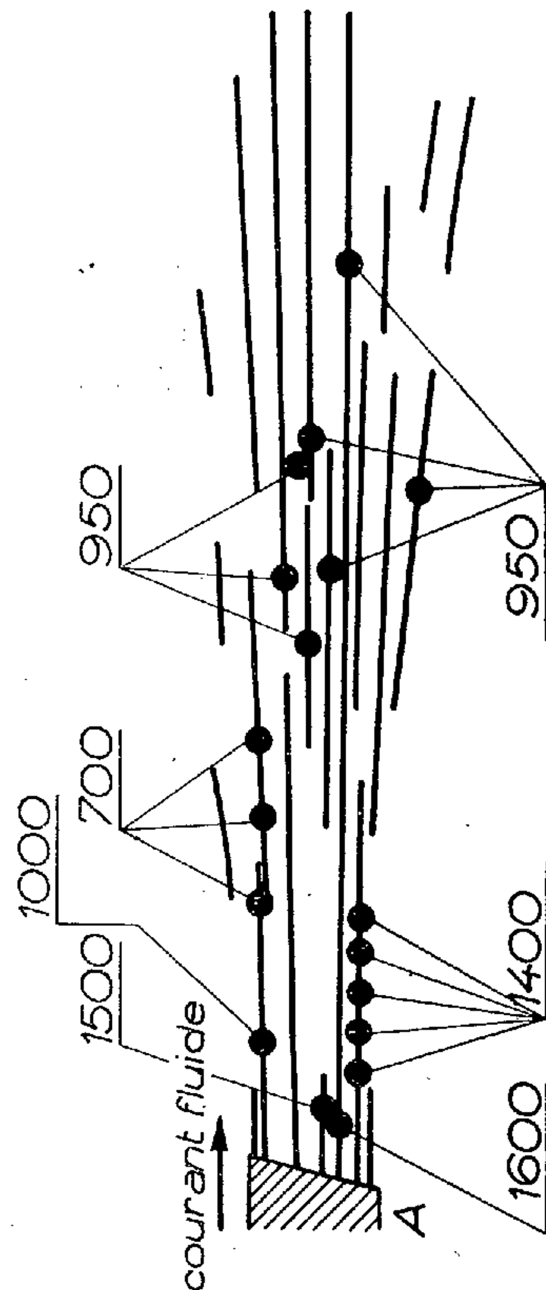




(*a*) (*b*)

Fig. 1. — Tourbillon de bout d'aile chronophotographié 1^{m} à l'aval d'une aile de 12^{cm} de corde (incidence 25°).





(*a*) (*b*)

Fig. 2. — Chronophotographie d'un jet d'air comprimé. Les cotes portées sur le dessin sont les fréquences de rotation en tours/seconde des particules entraînées.

tiques offerts par les tourbillons cellulaires, les tourbillons en bandes etc.

III. La deuxième observation (*fig.* 2*a*) se rapporte à un jet d'air rendu assez turbulent par plusieurs changements de direction et débouchant dans la chambre d'expériences. Les trajectoires rendus visibles par des particules d'aluminium apparaissent ici sous forme de lignes discontinues dont la périodicité détermine la fréquence de rotation des particules. On

constate que cette fréquence croît quand les dimensions de ces particules deviennent plus petites. La restitution (*fig.* 2*b*) faite pour un jet d'air de vitesse $V = 32$ m/s donne pour la fréquence de rotation des particules (dimension $0^{mm},1$) 1000 à 1500 tours/s. Nous avons réalisé des jets encore plus turbulents où, pour une vitesse d'écoulement atteignant 80 m/s, la fréquence de rotation des même particules dépassait 20000 tours/s. Peut-être trouvera-t-on dans cette voie un moyen d'apprècier la microturbulence des écoulements

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur quelques propriétés des trajectoires verticales dans les problèmes plans de la convection.* Note [1] de M. **Victor Volkovisky.**

Nous généraliserons les équations de Boussinesq [2] au cas des fluides visqueux en ajoutant à l'équation d'Hydrodynamique le terme $\nu \Delta \vec{V}$. Lorsque le mouvement est plan ces équations se réduisent au système

$$-2\frac{D(u, v)}{D(x, y)} = -\frac{1}{\rho}\Delta P + \gamma\frac{\partial\theta}{\partial y} \qquad \text{et} \qquad \frac{D\theta}{Dt} = \varkappa\,\Delta\theta,$$

où $P = p + \rho g y$. La première relation montre en particulier que, le long d'une ligne de courant $\psi = f(ax + by + c)$, on aura

$$\Delta P = \rho\gamma\frac{\partial\theta}{\partial y}. \tag{1}$$

En régime permanent les lignes de courant se confondent avec les trajectoires et nous appliquerons (1) au cas de trajectoires verticales qui se rencontrent souvent dans les phénomènes de convection dus à l'échauffement du liquide par en dessous. On observe alors l'existence des jets soit ascendants, soit descendants que l'on peut rendre facilement visibles par les méthodes classiques.

Lorsqu'on cherche à évaluer la hauteur d'ascension d'un tel jet on peut, en première approximation, la confondre avec la longueur de sa partie rectiligne.

Ecrivons que, tout le long du tronçon vertical d'une ligne de courant,

---

(1) Séance du 28 novembre 1938.

(2) *Théorie analytique de la chaleur*, 2, 1903, p. 172.

constituant le centre d'un jet, on aura

$$\frac{d^2 P}{dy^2} = \rho\gamma \frac{d\theta}{dy},$$

d'où l'on tire

$$\frac{dP}{dy} = \rho\gamma(\theta - \theta_1),$$

θ_1 étant la température de la surface chaude.

Considérons maintenant les équations du mouvement qui se réduisent ici à

$$(2) \qquad v\frac{dv}{dy} = \gamma\theta_1 + \nu\frac{d^2 v}{dy^2}.$$

Une première intégration de (2) conduit à une équation de Riccati

$$2\nu\frac{dv}{dy} + 2\gamma\theta_1 y - v^2 + 2s = 0,$$

où s est une constante arbitraire. Faisons un changement de variable indépendante défini par

$$-4\nu\gamma\theta_1 t = 2\gamma\theta_1 y + 2s$$

et posons ensuite

$$v = \frac{u'_t}{u}.$$

L'équation précédente devient alors

$$\frac{d^2 u}{dt^2} + atu = 0 \qquad \text{avec } a = 4\nu\gamma\theta_1$$

C'est une équation de Bessel dont la solution est

$$(3) \qquad u = \sqrt{t}\left[C_1 J_{\frac{1}{3}}\left(\frac{2t\sqrt{at}}{3}\right) + C_2 J_{-\frac{1}{3}}\left(\frac{2t\sqrt{at}}{3}\right)\right].$$

Il en résule, pour v, l'équation suivante :

$$(4) \qquad v = \sqrt{at}\,\frac{C J_{-\frac{2}{3}}\left(\frac{2\sqrt{a}}{3}t^{\frac{3}{2}}\right) - J_{\frac{2}{3}}\left(\frac{2\sqrt{a}}{3}t^{\frac{3}{2}}\right)}{C\, J_{\frac{1}{3}}\left(\frac{2\sqrt{a}}{3}t^{\frac{3}{2}}\right) + J_{-\frac{1}{3}}\left(\frac{2\sqrt{a}}{3}t^{\frac{3}{2}}\right)}.$$

Il est clair que v ne dépend que de deux constantes s et C qui peuvent être déterminées quand on se donne les conditions initiales

$$y = 0, \qquad v = v_0 \qquad \text{et} \qquad v'_y = (v'_y)_0.$$

Il est remarquable que v est réel, même pour les valeurs de $t < 0$.

D'autre part, l'équation de la chaleur se réduit à la forme plus simple

$$v \frac{d\theta}{dy} = \varkappa \frac{d^2\theta}{dy^2},$$

où l'on a

$$v = \frac{u'_t}{u}.$$

Éliminons v entre ces deux relations, on obtient alors

$$\frac{u'_t}{u} = \varkappa \frac{\theta''_y}{\theta'_y}. \tag{5}$$

En intégrant (5) on trouve que la température θ et son gradient vertical sont donnés par les expressions

$$\frac{d\theta}{dy} = -\frac{L}{2\nu}\sqrt{t}\left[CJ_{\frac{1}{3}}\left(\frac{2\sqrt{a}}{3}t^{\frac{3}{2}}\right) + J_{-\frac{1}{3}}\left(\frac{2\sqrt{a}}{3}t^{\frac{3}{2}}\right)\right] \tag{6}$$

et

$$\theta - \theta_0 = L\int_{t_0}^{t}\sqrt{t}\left[CJ_{\frac{1}{3}}\left(\frac{2\sqrt{a}}{3}t^{\frac{3}{2}}\right) + J_{-\frac{1}{3}}\left(\frac{2\sqrt{a}}{3}t^{\frac{3}{2}}\right)\right]dt, \tag{7}$$

où L, C, s et θ_0 sont des constantes déterminées par les conditions initiales. Notons d'ailleurs que (6) et (7) restent également réels pour $t < 0$ et qu'on peut toujours confondre θ_0 avec θ_1, la trajectoire devenant rectiligne très près du plan horizontal.

Ajoutons enfin que ces résultats présentent quelque intérêt dans le problème à deux dimensions de tourbillons en bandes. En effet, le centre de chaque paire de tourbillons jumeaux étant un jet ascendant, les formules (6) et (7) permettent de calculer la variation de la température en fonction de y et prévoir même sa valeur à la surface libre.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Correction de soufflerie en veine elliptique.* Note de M. **Lucien Malavard**, présentée par M. Henri Villat.

M. Pérès et moi-même avons donné [1] une méthode simple s'appliquant au cas où l'aile a son envergure suivant le grand axe de l'ellipse et ne déborde par le segment focal de celle-ci. Je montrerai ici que notre analyse

---

(1) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 740 et 1400. Je garde les notations de ces Notes, auxquelles je renvoie sous les numéros I et II.

peut s'étendre au cas général d'une aile placée de façon quelconque dans la section de veine et avec une répartition de portances quelconque.

Le segment portant, qui représente l'aile, est défini par z_0, affixe du milieu, et η_0, angle avec le grand axe de l'ellipse (pris pour axe réel z). L'affixe d'un point de ce segment est

(1) $$\zeta = z_0 + l e^{i\eta_0} s \qquad (-1 \leqq s \leqq +1),$$

et je me donne la circulation par l'expression usuelle

(2) $$\Gamma = \frac{c_p SV}{\pi l} \sum_{1}^{\infty}{}_p A_p \sin p\tau \qquad (A_1 = 1) \quad \text{avec} \quad s = \cos\tau.$$

Il est connu que le potentiel f des tourbillons libres est

(3) $$f = \frac{i}{2\pi} \int_{-1}^{+1} \frac{\Gamma(s)\, l e^{i\eta_0}}{z - \zeta}\, ds = \frac{iZ}{\pi} \int_{-1}^{+1} \frac{\Gamma(s)\, l e^{i\eta_0}\, ds}{Z^2 - 2\zeta Z + 1},$$

en passant au plan Z (cf. I). Grâce au développement de $1/Z^2 - 2\zeta Z + 1$ en puissances de $1/Z$, qui fait intervenir des polynomes classiques $Q_n(z)$ (cf. II), il vient

(4) $$f = \frac{i}{2} \frac{c_p SV}{\pi} \sum_n \frac{a_n}{Z^n},$$

avec

(5) $$a_n = e^{i\eta_0} \sum_{1}^{n}{}_p A_p \beta_{n,p},$$

et

(6) $$\beta_{n,p} = \frac{2}{\pi} \int_{-1}^{+1} \sqrt{1 - s^2}\, Q_p(s)\, Q_n(z_0 + l e^{i\eta_0} s)\, ds,$$

très analogue à (2), [II]. Les $\beta_{n,p}$ sont des polynomes en z_0 et $\lambda = l e^{i\eta_0}$, dont le tableau se forme aisément par la relation de récurrence

(7) $$\beta_{n,p} = \lambda(\beta_{n-1,p-1} + \beta_{n-1,p+1}) + 2 z_0 \beta_{n-1,p} - \beta_{n-2,p};$$

avec $\beta_{0,p} = \beta_{n,0} = 0$, $\beta_{1,1} = 1$, $\beta_{1,p} = 0$; on a $\beta_{n,p} = 0$ pour $p > n$.

Dans les cas traités dans I et II, la série (4) donne f dans toute la couronne $1 \leqq |Z| \leqq R$ qui correspond dans le plan Z à l'ellipse section de veine munie d'une coupure joignant les foyers. Dans le cas général, (4) ne converge que pour $\rho < |Z|$, ρ étant le plus grand écart à l'origine du plan Z des points-images de l'envergure. Peu importe pour la détermi-

nation de f_1, potentiel induit des limites de la veine, lequel est défini par des conditions pour $|Z| = R > \rho$. Ce potentiel est

$$(8) \quad f_1 = \frac{\varepsilon i}{2}\frac{c_p SV}{\pi}\sum_n \frac{R^{2n}\bar{a}_n + \varepsilon a_n}{R^{4n}-1}\left(\frac{1}{Z^n} + Z^n\right) \qquad (\bar{a}_n \text{ imaginaire conjuguée de } a_n),$$

d'où, en passant à la variable z, une série de polynomes évidemment convergente dans toute l'ellipse. Le sens positif pris pour évaluer les portances étant, par convention, $\eta_0 + \pi/2$ et v_1 désignant la *demi*-composante, dans la direction opposée, de la vitesse qui correspond à f_1 on aura, pour la valeur moyenne,

$$(9) \quad \bar{v}_1 = \frac{\int_{-1}^{+1} v_1(s)\Gamma(s)\,ds}{\int_{-1}^{+1}\Gamma(s)\,ds} = \frac{\mathcal{R}\left\{\frac{1}{2il}\int_{-1}^{+1}\Gamma(s)\,df_1\right\}}{\int_{-1}^{+1}\Gamma(s)\,ds} \qquad (\mathcal{R} = \text{partie réelle}).$$

Or, le plan z étant muni d'une coupure suivant le segment portant, on sait que f admet la discontinuité Γ quand on traverse cette coupure. L'intégrale du numérateur peut donc être remplacée par $-\int f\,df_1$ prise suivant le contour formé par les bords de la coupure, ou encore prise suivant l'ellipse qui limite la section de veine ou enfin, dans le plan Z, suivant le cercle $|Z| = R$. Sa valeur est alors immédiate d'après (4) et (8) et un calcul facile donne

$$(10) \quad \frac{\bar{v}_1}{V} = \varepsilon\frac{VSc_p}{2\pi}\sum_n n\left\{\frac{a_n'^2}{R^{2n}-\varepsilon} + \frac{a_n''^2}{R^{2n}+\varepsilon}\right\} \qquad (a_n = a'_n + ia''_n)$$

(on remarquera que $|a_1| = 1$), d'où le facteur de correction

$$(11) \quad \delta = \varepsilon\, 4ab\sum_n n\left\{\frac{a_n'^2}{R^{2n}-\varepsilon} + \frac{a_n''^2}{R^{2n}+\varepsilon}\right\}.$$

Il serait facile d'expliciter davantage les formules : ce n'est pratiquement pas utile : pour calculer δ le mieux est de former par récurrence le tableau numérique des $\beta_{n,p}$ (dont les premières lignes suffisent dans tous les cas pratiques), puis d'appliquer (5) qui donne les a_n et (11) qui donne δ.

Le même mode de calcul s'applique, et de façon très pratique, au cas de la veine circulaire. On rétablira dans les formules précédentes c, demi-distance focale, qui avait été prise égale à l'unité, puis on la fait tendre vers zéro. On peut aussi appliquer directement l'analyse précédente : on n'a pas à faire intervenir Z et l'on développe le second membre de (3) suivant

les puissances de $1/z$; la suite est immédiate. Prenant pour unité le rayon de la veine et modifiant légèrement la définition des $\beta_{n,p}$ on a la loi de récurrence

(7′) $$\beta_{n,p} = \frac{\lambda}{2}(\beta_{n-1,p-1} + \beta_{n-1,p+1}) + z_0 \beta_{n-1,p},$$

en gardant $\beta_{1,1} = 1$, $\beta_{1,p} = 0$ pour $p \neq 1$, d'où, les a_n étant toujours donnés par (5),

(11′) $$\delta = \varepsilon \sum_{1}^{\infty} {}_n\, n(a_n'^2 + a_n''^2),$$

le terme principal à droite ($n = 1$) se réduisant évidemment à l'unité.

THÉORIE DES QUANTA. — *Sur la théorie quantique de la gravitation.* Note de M. **Jacques Solomon**, présentée par M. Paul Langevin.

Les divergences auxquelles aboutit la théorie quantique de l'électromagnétisme, telle que l'ont formulée Heisenberg et Pauli, ont conduit à admettre comme nécessaire une limitation de cette théorie, limitation caractérisée par une longueur r_0 de l'ordre du rayon classique de l'électron $e^2/mc^2 = 2,8.10^{-13}$ cm. Un travail récent de Heisenberg (1) précise cette limitation.

Comme l'ont montré Bohr et Rosenfeld (2), la théorie quantique de l'électromagnétisme pur ne rencontre pas de difficultés, ce qui est, d'après eux, en rapport avec le fait qu'avec les grandeurs h et c caractéristiques de l'électromagnétisme pur, il n'est pas possible de construire une longueur caractéristique. Au contraire l'interaction avec la matière fait apparaître la masse m, avec laquelle on peut construire la longueur $\hbar/mc$. Ainsi dans ce cas la limitation de la théorie est obtenue au moyen de notions faisant partie intégrante de la théorie elle-même.

Il paraît intéressant par ailleurs d'examiner ce qui se passe pour la théorie quantique de la gravitation. La quantification de la gravitation est rendue nécessaire par le fait que des corps solides peuvent échanger de l'énergie par émission et absorption d'ondes de gravitation; d'autre part, l'étude par la théorie des photons de la déviation de la lumière par le

(1) W. Heisenberg, *Z. Physik,* **110**, 1938, p. 251; *Ann. d. Phys.*, **32**, 1938, p. 20.

(2) N. Bohr et L. Rosenfeld, *Dansk Vid. Selskab,* **12**, 1933, p. 8.

champ de gravitation nécessite l'intervention de quanta de gravitation (*gravitons*).

On a pu montrer ([3]) que, dans ces conditions, l'énergie gravifique d'un photon, résultant de ses possibilités d'interaction avec le champ de gravitation, est infinie. Plus précisément, si ν est la fréquence du photon considéré, f la constante de gravitation de Newton, $\hbar/\gamma$ la quantité de mouvement maxima à laquelle on arrête l'intégration sur les quantités de mouvement des *gravitons* engendrés, si ω est l'énergie gravifique du photon, on a

$$\frac{\omega}{h\nu} = \frac{fhc^3}{\gamma^2}\left(1 + \frac{c^2}{2\nu^2\gamma^2}\right), \tag{1}$$

qui devient infinie quand γ tend vers zéro, divergence qu'on peut donc rapporter au fait que le photon est réduit à un point.

D'autre part, cette théorie est bâtie avec les constantes $\hbar$, c, f. Contrairement au cas de l'électromagnétisme pur, il est possible avec ces constantes de construire une longueur

$$\sqrt{\frac{f\hbar}{c^3}} = 4.10^{-33} \text{ cm}. \tag{2}$$

Si maintenant on remplace dans (1) γ par la valeur (2), on obtient

$$\frac{\omega}{h\nu} = 8\pi^2\left(\frac{\lambda}{\gamma}\right)^2,$$

où $\lambda = c/\nu$. Autrement dit, sauf pour les photons avec $\lambda \ll \gamma$, l'énergie gravifique du photon est beaucoup plus grande que $h\nu$, ce qui est impossible. Il en résulte donc que la limite inférieure (2) est inacceptable.

Au contraire, si dans (1) on remplace γ par la limite inférieure $r_0 = (e^2/mc^2)$, on obtient

$$\frac{\omega}{h\nu} = 1,6.10^{-9}\left(\frac{mc^2}{h\nu}\right)^2,$$

autrement dit, l'énergie gravifique du photon est à peu près négligeable.

Il semble donc nécessaire d'introduire une limitation de la théorie quantique de la gravitation par des notions *extérieures* à cette théorie (introduction de r_0). On a cherché de divers côtés ([4]) à introduire une telle limitation

([3]) L. ROSENFELD, *Z. Physik*, 65, 1930, p. 589; J. SOLOMON, *Z. Physik*, 71, 1931, p. 162.

([4]) A. MARCH, *Z. Physik*, 106, 1937, p. 291.

par une transformation des propriétés géométriques de l'espace-temps. Mais le fait que cette limitation doit utiliser la notion de masse nous montre que, contrairement à des conceptions antérieures, l'espace n'est pas indifférent à la présence ou à l'absence de matière, et que le problème de l'espace ne peut être séparé du problème de la matière.

L'exemple de la théorie quantique de la gravitation nous montre donc que les limitations de la théorie quantique des champs doivent être empruntées à la théorie quantique de la matière elle-même et ne peuvent être tirées d'une simple modification des propriétés de l'espace ou des principes actuels de la quantification. C'est ce que montre aussi le fait que les propriétés électromagnétiques du *vide* (diffusion de la lumière sur la lumière) ne peuvent être comprises actuellement que par la conception de Dirac, où la matière (d'énergie négative) remplit complètement le *vide*.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la Mécanique ondulatoire de l'électron lourd.* Note [1] de M. **Jules Géhéniau**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. *Équations fondamentales.* — L'électron lourd possède, comme le photon, un spin égal à $\pm h/2\pi$ ou 0. En outre, comme le photon il est susceptible de disparaître. Il est donc naturel de penser que la théorie du photon due à M. L. de Broglie [2] pourra être utilisée à formuler la Mécanique ondulatoire de l'électron lourd. Conformément à cette idée, l'état de l'électron lourd sera représenté par 16 fonctions d'onde $\Phi_{\alpha\beta}$ qui, en l'absence de champ extérieur, satisferont aux équations

$$(1)\qquad \left(\sum_{j=1}^{3}\frac{\mathcal{B}_4\mathcal{A}_j+\mathcal{A}_4\mathcal{B}_j}{2}\,\frac{h}{2\pi i}\,\frac{\partial}{\partial x^j}+\mathcal{B}_4\mathcal{A}_4\mathrm{M}_0 c\right)\Phi=\frac{\mathcal{B}_4+\mathcal{A}_4}{2}\,\frac{h}{2\pi i}\,\frac{\partial\Phi}{\partial x^4},$$

où M_0 est la masse au repos de l'électron lourd, $\mathcal{A}_1, \ldots, \mathcal{B}_4$ les huit matrices carrées à 16 lignes de L. de Broglie.

Rappelons que les fonctions d'indices 32, 14, 34, 12 correspondent au spin $s_z = h/2\pi$, les fonctions d'indices 41, 23, 43, 21 au spin $s_z = -h/2\pi$, et les autres composantes au spin nul.

2. *Vecteur courant-densité électrique.* — Conformément à la théorie du

(1) Séance du 5 décembre 1938.

(2) L. de Broglie, *Nouvelles recherches sur la lumière*, Paris, 1937, p. 3; J. Géhéniau, *Mécanique ondulatoire de l'électron et du photon*, Paris, 1938.

photon, les composantes contravariantes du vecteur courant-densité s'écriront

$$(2)\qquad \mathcal{C}^i = ec\Phi^* \frac{\mathcal{B}_4\mathcal{A}_i + \mathcal{A}_4\mathcal{B}_i}{2}\Phi, \qquad \mathcal{C}^4 = -ec\Phi^*\frac{\mathcal{B}_4 + \mathcal{A}_4}{2}\Phi \qquad (i = 1, 2, 3),$$

où $(-e)$ est la charge de l'électron lourd et c est la vitesse de la lumière dans le vide. Transformons ces expressions grâce à (1). Il vient

$$(3)\qquad \mathcal{C}^\alpha = -\frac{e}{2}\left(\Phi^*\frac{\mathcal{B}_4\mathcal{A}_4}{M_0}\mathcal{J}^\alpha\Phi + \text{conj.}\right) + \sum\frac{\partial c M^{\alpha\beta}}{\partial x^\beta} \qquad (\alpha, \beta = 1, \ldots, 4),$$

où $\mathcal{J}^\alpha$ sont les composantes de l'opérateur Impulsion d'espace-temps et

$$(4)\quad \begin{cases} (a)\quad M^{12} = -\dfrac{eh}{4\pi M_0 c}\Phi^*\dfrac{\mathcal{B}_4 i\mathcal{A}_1\mathcal{A}_2\mathcal{A}_4 + \mathcal{A}_4 i\mathcal{B}_1\mathcal{B}_2\mathcal{B}_4}{2}\Phi, \ldots, \\ (b)\quad M^{14} = -\dfrac{eh}{4\pi M_0 c}\Phi^*\dfrac{\mathcal{B}_4 i\mathcal{A}_1\mathcal{A}_4 + \mathcal{A}_4 i\mathcal{B}_1\mathcal{B}_4}{2}\Phi, \ldots. \end{cases}$$

Comme en théorie de Dirac, le vecteur courant-densité (3) se décompose en deux parties. La deuxième partie représente dans l'espace-temps le courant dû à un milieu polarisé dont le tenseur de polarisation électromagnétique est $cM^{\alpha\beta}$. On aura [3]

$$(5)\qquad \mathfrak{L}_x = M^{23}\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}, \ldots, \qquad P_x = M^{14}, \ldots,$$

où $\mathfrak{L}$ et P sont repectivement les vecteurs de polarisation magnétique et électrique; μ_0 et ε_0 sont respectivement la perméabilité magnétique et la constante diélectrique du vide.

3. *Moment magnétique propre.* — Les formules (4 *a*) définissent donc les densités de valeur moyenne de moment magnétique propre de l'électron lourd. Il en résulte que les opérateurs de moment magnétique propre sont

$$(6)\qquad \mathfrak{M}_z = -\sqrt{\mu_0}\,\frac{e}{\sqrt{\varepsilon_0}}\,\frac{h}{4\pi M_0 c}\,\frac{i\mathcal{A}_1\mathcal{A}_2 + i\mathcal{B}_1\mathcal{B}_2}{2}, \ldots,$$

quel que soit le système d'unités électromagnétiques. On a

$$(7)\qquad \mathfrak{M}_z\Phi_{\alpha\beta} = \frac{1}{2}(m_{\alpha\alpha} + m_{\beta\beta})\Phi_{\alpha\beta}(-\mu_B),$$

---

[3] Th. De Donder, *Théorie mathématique de l'Électricité*, Paris, 1925, p. 169 et 183. Dans cet Ouvrage la constante c est égale à la nôtre multipliée par $\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}$.

où $\mu_B = \sqrt{\mu_0} he/\sqrt{\varepsilon_0} 4\pi M_0 c$ est le magnéton de Bohr et $m_{\alpha\alpha}$ sont les composantes diagonales de la matrice $i\alpha_1\alpha_2\alpha_4$ (α_β = matrices de Dirac). A l'*approximation newtonienne*, il suffit de considérer les quatre fonctions Φ_{31}, Φ_{42}, Φ_{32}, Φ_{41} ; les autres composantes sont négligeables devant elles. En vertu de (6) on a

$$(8) \qquad \mathfrak{M}_z \Phi_{31} = 0, \qquad \mathfrak{M}_z \Phi_{42} = 0,$$

$$(9) \qquad \mathfrak{M}_z \Phi_{32} = -\mu_\beta \Phi_{32}, \qquad \mathfrak{M}_z \Phi_{41} = \mu_\beta \Phi_{41}.$$

Grâce aux considérations sur le spin rappelées au paragraphe 1, les relations (8), (9) montrent qu'au spin zéro correspond un moment magnétique nul, et qu'aux spins $\pm h/2\pi$ correspondent les moments magnétiques $\pm \mu_\beta$.

4. *Remarque.* — On peut exprimer les $16 \Phi_{\alpha\beta}$ en fonction des 16 composantes de cinq grandeurs tensorielles parmi lesquelles se trouvent un vecteur, analogue au potentiel électromagnétique, et un tenseur antisymétrique d'ordre deux, analogue au champ électromagnétique. En remplaçant, dans les densités de matrices, les $\Phi_{\alpha\beta}$ par leurs expressions en fonction de ces tenseurs, on peut comparer les résultats de la mécanique ondulatoire de l'électron lourd esquissée ci-dessus aux résultats obtenus par Yukawa, Proca, Heitler et d'autres en partant d'une théorie maxwellienne.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la perturbation d'un problème de valeurs propres par déformation de la frontière.* Note de M. N. **Cabrera**, présentée par M. Louis de Broglie.

L. Brillouin [1] a indiqué la possibilité de traiter ce problème par une méthode analogue à la méthode des perturbations ordinaires sur l'opérateur. Il a réussi même à ramener la perturbation de frontière sans changement de l'opérateur, à une perturbation de l'opérateur sans changement de la frontière. On peut obtenir les mêmes résultats directement.

1. Soient les problèmes

$$(1) \qquad H\psi = E_0\psi \qquad \text{frontière initiale} \quad f_1(xyz) = c,$$

$$(2) \qquad H\Psi = E\Psi \qquad \text{frontière finale} \quad f_1(xyz) + \lambda F(xyz) = c;$$

la condition limite restant la même. L. Brillouin introduit un opérateur P tel qu'il transforme la fonction ψ initiale dans une fonction $P\psi$ qui vérifie,

---

(1) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1863.

sur la frontière finale, la même condition que ψ sur la frontière initiale. Pour λ très petit

(3) $$P = 1 + \lambda P_1 + \lambda^2 P_2 + \ldots.$$

Soit, d'abord, une valeur initiale E_{0l} non dégénérée. En partant des développements

(4) $$\Psi_l = \psi_l + \lambda \left\{ P_1\psi_l + \sum_{j\neq l} c_{lj}\psi_j \right\} + \lambda^2 \left\{ P_2\psi_l + \sum_{j\neq l} c_{lj} P_1 \psi_j + \sum_{j\neq l} b_{lj}\psi_j \right\} + \ldots,$$

(5) $$E_l = E_{0l} + \lambda\varepsilon_{1l} + \lambda^2\varepsilon_{2l} + \ldots,$$

on obtient, par substitution en (2),

(6) $$\varepsilon_{1l} = (l \mid HP_1 - P_1 E_{0l} \mid l), \qquad c_{lj} = \frac{(j \mid HP_1 - P_1 E_{0l} \mid l)}{E_{0l} - E_{0j}},$$

(7) $$\varepsilon_{2l} = (l \mid HP_2 - P_2 E_{0l} \mid l) - (l \mid P_1 \mid l)(l \mid HP_1 - P_1 E_{0l} \mid l) + \sum_{j\neq l} \frac{(l \mid HP_1 - P_1 E_{0l} \mid j)(j \mid HP_1 - P_1 E_{0l} \mid l)}{E_{0l} - E_{0j}}.$$

Si la valeur initiale est k fois dégénérée, on obtient l'équation séculaire

(8) $$\left| (l\alpha' \mid HP_1 - P_1 E_{0l} \mid l\alpha) - \varepsilon_{l\alpha}\delta_{\alpha\alpha'} \right| = 0 \qquad (\alpha, \alpha' = 1, 2, \ldots, k).$$

2. La méthode de L. Brillouin donne le même résultat pour le premier ordre; pour le deuxième, l'identité n'est pas aussi évidente. Soit $P^{-1}P = 1$, donc

(9) $$P^{-1} = 1 - \lambda P_1 + \lambda^2 [P_1^2 - P_2] - \ldots.$$

L'opérateur perturbateur est

(10) $$P^{-1}HP - H = \lambda[HP_1 - P_1 H] + \lambda^2[HP_2 - P_2 H - P_1(HP_1 - P_1 H)] + \ldots,$$

et alors

(7') $$\varepsilon_{2l} = (l \mid HP_2 - P_2 H \mid l) - (l \mid P_1 HP_1 - P_1^2 H \mid l) + \sum_{j\neq l} \frac{(l \mid HP_1 - P_1 H \mid j)(j \mid HP_1 - P_1 H \mid l)}{E_{0l} - E_{0j}}.$$

On arrive à démontrer l'équivalence de (7) et (7') par l'emploi des règles de matrices, mais sans oublier qu'elles ne sont pas toujours applicables dans ces problèmes; en effet, remarquons pour le moment que l'application complète de ces règles nous donnerait $\varepsilon_{1l} = \varepsilon_{2l} = 0$.

3. Les formules (6) à (8) peuvent être simplifiées par l'emploi des formules

de Green ([2]); prenons comme exemple l'opérateur $H = \Delta + V(x, y, z)$, alors

$$(11)\qquad (l \mid HP \mid j) = E_{0l}(l \mid P \mid j) + [l \mid P \mid j],$$

où $[l \mid P \mid j]$, correction à la loi de multiplication des matrices, signifie

$$(12)\qquad [l \mid P \mid j] = \begin{cases} = \int_S \left(-\frac{\partial}{\partial n}\right) \psi_l^* P\psi_j \, ds, & \ldots, \quad (\text{condition limite } \psi_l = 0), \\ = \int_S \psi_l^* \frac{\partial}{\partial n} P\psi_j \, ds, & \ldots; \quad \left(\text{condition limite } \frac{\partial \psi_l}{\partial n} = 0\right), \end{cases}$$

Substituée en (6), (7) et (8) donne

$$(6')\qquad \varepsilon_{1l} = [l \mid P_1 \mid l], \qquad c_{lj} = -(j \mid P_1 \mid l) + \frac{[j \mid P_1 \mid l]}{E_{0l} - E_{0j}},$$

$$(7')\qquad \varepsilon_{2l} = [l \mid P_2 \mid l] - \sum_j [l \mid P_1 \mid j](j \mid P_1 \mid l) + \sum_{j \neq l} \frac{[l \mid P_1 \mid j][j \mid P_1 \mid l]}{E_{0l} - E_{0j}},$$

$$(8')\qquad |[l\alpha \mid P_1 \mid l\alpha'] - \varepsilon_{l\alpha}\delta_{\alpha\alpha'}| = 0 \quad (\alpha, \alpha' = 1, 2, \ldots, k).$$

4. D'un point de vue pratique, le problème est réduit à la recherche des opérateurs P convenables à chaque condition limite. Pour la condition $\psi = 0$, L. Brillouin a déjà introduit l'opérateur

$$(13)\qquad P = 1 + \lambda F(f_1 f_2 f_3) \frac{\partial}{\partial f_1} + \frac{\lambda^2 F^2}{2!} \frac{\partial^2}{\partial f_1^2} + \ldots,$$

où $f_1 f_2 f_3$ forment un système de coordonnées curvilignes orthogonales, qui contiennent la frontière initiale $f_1 = c$. Pour la condition $\partial\psi/\partial n = 0$, il faut remarquer que la direction $\vec{n}$ change avec la frontière; cela interdit l'emploi de (13), mais tout de même, on arrive à le modifier convenablement au premier ordre en λ.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur certaines équations pouvant représenter un photon.* Note de M. **J. Roubaud-Valette**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans notre théorie de l'univers à cinq dimensions, nous associons la *masse au repos* d'un corpuscule à l'élément cinquième de la ligne d'univers par $m_0 = \mu_0(du/ds)$ ($du = 0$ donne $m_0 = 0$).

([2]) Cela a été aussi remarqué, indépendamment, par H. Fröhlich, dans une lettre personnelle à L. Brillouin.

Utilisons notre division en sous-espaces et les notations de notre Note précédente [1]. Le tableau donnant la matrice-vecteur (au sens de M. É. Cartan) est

$$\begin{matrix} \varepsilon - iu & 0 & iz - ict & ix - y \\ 0 & \varepsilon - iu & ix + y & -iz - ict \\ iz + ict & ix - y & \varepsilon + iu & 0 \\ ix + y & -iz + ict & 0 & \varepsilon + iu \end{matrix}$$

Remarquons que le i de ict indique que le carré est $-c^2t^2$, tandis que le i de $ix - y$ est un facteur de décomposition déterminant un affixe.

Ceci nous conduit à décomposer chacune de nos grandeurs suivant deux nouveaux opérateurs, en doublant le nombre de lignes et de colonnes de notre matrice-vecteur fondamentale.

Pour cela, nous remplaçons le coefficient 1 par $\left|\begin{matrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{matrix}\right|$ et le coefficient i par $\left|\begin{matrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{matrix}\right|$ (ict est, bien entendu, inchangé).

Ceci nous donne les matrices fondamentales

$$\varepsilon \cong \left|\begin{matrix} 1 &&&&&&& \\ & 1 &&&&&& \\ && 1 &&&&& \\ &&& 1 &&&& \\ &&&& 1 &&& \\ &&&&& 1 && \\ &&&&&& 1 & \\ &&&&&&& 1 \end{matrix}\right|; \quad \Gamma \simeq \left|\begin{matrix} & -1 &&&&&& \\ 1 &&&&&&& \\ &&& -1 &&&& \\ && 1 &&&&& \\ &&&&& 1 && \\ &&&& -1 &&& \\ &&&&&&& 1 \\ &&&&&& -1 & \end{matrix}\right|; \quad \Gamma_2 \simeq \left|\begin{matrix} &&&& -i &&& \\ &&&&& -i && \\ &&&&&& -i & \\ &&&&&&& -i \\ i &&&&&&& \\ & i &&&&&& \\ && i &&&&& \\ &&& i &&&& \end{matrix}\right|.$$

$$\Gamma \simeq \left|\begin{matrix} &&&&&&& 1 \\ &&&&&& -1 & \\ &&&&& 1 && \\ &&&& -1 &&& \\ &&& 1 &&&& \\ && -1 &&&&& \\ & 1 &&&&&& \\ -1 &&&&&&& \end{matrix}\right|; \quad \Gamma_1 J \simeq \left|\begin{matrix} &&&&&& -1 & \\ &&&&&&& -1 \\ &&&& 1 &&& \\ &&&&& 1 && \\ && -1 &&&&& \\ &&& -1 &&&& \\ 1 &&&&&&& \\ & 1 &&&&&& \end{matrix}\right|; \quad \Gamma_1 K \simeq \left|\begin{matrix} &&&&& 1 && \\ &&&& -1 &&& \\ &&&&&&& -1 \\ &&&&&& 1 & \\ & 1 &&&&&& \\ -1 &&&&&&& \\ &&& -1 &&&& \\ && 1 &&&&& \end{matrix}\right|.$$

L'opérateur $\mu oc + \Gamma_1(\mathrm{I}P_1 + \mathrm{J}P_2 + \mathrm{K}P_3) + \Gamma_2 P_4 + \Gamma P_5$ appliqué au spinus Ψ (matrice à 1 colonne et 8 lignes), donne 8 équations type Dirac dont nous écrivons seulement la première

$$(1) \quad \mu oc\Psi_1 + P_1(\Psi_8) + P_2(-\Psi_7) + P_3(-\Psi_5) + P_4(-i\Psi_5) + P_5(-\Psi_2) = 0, \ \ldots .$$

---

(1) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1136.

Nous pouvons avec ces 8 Ψ_i représenter un corpuscule formé de deux constituants, l'un correspondant à $(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4)$, l'autre à $(\varphi_5, \varphi_6, \varphi_7, \varphi_8)$. Des équations (1) nous tirons la densité de courant-charge-masse-état donnée par

$$\rho\frac{\nu x}{c} = \Psi^* \Gamma_1 \mathrm{I} \Psi = [\Psi_1^* \Psi_8 - \Psi_2^* \Psi_7 + \Psi_3^* \Psi_6 - \Psi_4^* \Psi_5 + \Psi_5^* \Psi_4 - \Psi_6^* \Psi_3 + \Psi_7^* \Psi_2 - \Psi_8^* \Psi_1],$$

$$\rho\frac{\nu y}{c} = \Psi^* \Gamma_1 \mathrm{J} \Psi, \qquad \rho\frac{\nu z}{c} = \Psi^* \Gamma_1 \mathrm{K} \Psi, \qquad \Omega_2 = \Psi_1^* \Psi,$$

$$\rho = \Psi^* \Gamma_2 \Psi = i[\Psi_5^* \Psi_1 + \Psi_6^* \Psi_2 + \Psi_7^* \Psi_3 + \Psi_8^* \Psi_4] - i[\Psi_1^* \Psi_5 + \Psi_2^* \Psi_6 + \Psi_8^* \Psi_7 + \Psi_4^* \Psi_8].$$

La masse apparente est donnée par

$$\Omega_1 = \Psi^* \Gamma \Psi = [-\Psi_1^* \Psi_2 + \Psi_2^* \Psi_1 - \Psi_3^* \Psi_4 + \Psi_4^* \Psi_3 + \Psi_5^* \Psi_6 - \Psi_6^* \Psi_5 + \Psi_7^* \Psi_8 - \Psi_8^* \Psi_7] = \rho\frac{\nu u}{c}.$$

Le spire est donné par

$$\int z = \frac{h}{4\pi}\Gamma_1 \mathrm{I}.\Gamma_1 \mathrm{J} = \frac{h}{4\pi}\mathrm{K}, \qquad \int x = \ldots, \qquad \int y = \ldots;$$

$$\int z = \frac{h}{4\pi}[\Psi_1^* \Psi_2 - \Psi_2^* \Psi_1 - \Psi_3^* \Psi_4 + \Psi_4^* \Psi_3 + \Psi_5^* \Psi_6 - \Psi_6^* \Psi_5 - \Psi_7^* \Psi_8 + \Psi_8^* \Psi_7].$$

Les deux corpuscules, constituants du corpuscule unique, étant intimement liés, nous devons avoir une seule onde pour l'ensemble, telle que $\Psi_{i+4} = \Psi_i \varpi$, ... ($\varpi$ étant un coefficient caractérisant la liaison des deux constituants)

$$\rho = \sum_1^4 \Psi_1^* \Psi_1 . 2 \sin\theta, \qquad \text{en posant } \varpi = e^{i\theta};$$

$$\rho\frac{\nu_x}{i} = [\Psi_1^* \Psi_4 - \Psi_2^* \Psi_3 + \Psi_3^* \Psi_2 - \Psi_4^* \Psi_1]\, 2\cos\theta, \qquad \ldots;$$

$$\Omega_2 = 2\sum_1^4 \Psi_i^* \Psi_i;$$

ce qui montre bien que l'*état* est bien celui de deux corpuscules élémentaires identiques

$$\Omega_1 = \rho\frac{\nu_u}{i} = [\Psi_1^* \Psi_2 - \Psi_2^* \Psi_1 + \Psi_3^* \Psi_4 - \Psi_4^* \Psi_3][\varpi\varpi^* - 1] = 0.$$

La masse propre *apparente* de l'ensemble est donc *nulle*.

Enfin le spin est, par exemple sur Oz,

$$\int z = \frac{h}{4\pi}[\Psi_1^*\Psi_2 - \Psi_2^*\Psi_1 - \Psi_3^*\Psi_4 + \Psi_4^*\Psi_3] \times 2.$$

Nous pouvons normaliser en imposant la condition

$$\int \rho\, dr = 1 \quad \text{ou} \quad \int \Sigma \Psi_i^* \Psi_i\, dr = 1.$$

Il en résulte que notre corpuscule composé a : 1° une probabilité de localisation ρ telle que $\int \rho\, dr = 1$; 2° une masse propre apparente dont la valeur est nulle; 3° un opérateur spin de valeur $\pm 2h/4\pi = \pm h/2\pi$ (on dit de spin 1); 4° un état dont l'opérateur est de valeur 2, montrant la composition binaire du corpuscule. Ce peut être un photon.

PHYSIQUE THEORIQUE. — *Relations entre la théorie du photon et la théorie de l'électron lourd.* Note de Mme **Marie-Antoinette Tonnelat**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Considérons, avec M. Proca, l'équation

$$(1) \qquad \gamma^\mu \partial_\mu \psi = k\psi \qquad (\mu = 1, 2, 3, 4),$$

où $k = i\mu = i\varkappa\mu_0 c$ est une constante réelle.

Cette équation admet la solution générale

$$(2) \qquad \psi = \Phi + \gamma^r \Phi_r + \frac{1}{2}\gamma^r\gamma^s\chi_{rs} + \frac{1}{6}\gamma^r\gamma^s\gamma^t\xi_{rst} + \frac{1}{24}\gamma^r\gamma^s\gamma^t\gamma^u\eta_{rstu},$$

et M. Proca a montré que le choix de certains ψ particuliers conduit aux équations de Klein-Gordon, du mésoton et de Kemmer. Par exemple

$$\psi_1 = \gamma^r\Phi_r + \frac{1}{2}\gamma^r\gamma^s\chi_{rs}$$

nous donne les équations du mésoton.

Nous allons conserver ici la forme générale de ψ. En substituant dans (1) et en identifiant les coefficients des γ, nous obtenons les équations suivantes :

$$\partial^r\Phi_r = K\Phi,$$
$$\partial^r\chi_{rs} + \partial_s\Phi = K\Phi_s, \qquad \partial_r\Phi_s - \partial_s\Phi_r + \partial^\rho\xi_{\rho rs} = K\chi_{rs};$$
$$\partial_1\chi_{23} + \partial_2\chi_{31} + \partial_3\chi_{12} + \partial^4\eta_{4123} = K\xi_{123}$$

et trois autres par permutation circulaire,

$$\partial_1\xi_{234} - \partial_2\xi_{341} + \partial_3\xi_{412} - \partial_4\xi_{123} = K\eta_{1234}$$

qui peuvent encore s'écrire

$$(A)\quad\begin{cases} \operatorname{div}\mathcal{A} + \partial_4\mathcal{A}_4 = \mu\mathcal{J}_1, \\ \operatorname{rot}_p\mathcal{H} - \partial_4\mathcal{E}_p - \partial_p\mathcal{J}_1 = \mu\mathcal{A}_p, \qquad \operatorname{div}\mathcal{E} + \partial_4\mathcal{J}_1 = \mu\mathcal{A}_4; \\ \operatorname{rot}_p\mathcal{A} + \partial_4\Sigma_p + \partial_p\Sigma_4 = \mu\mathcal{H}_p, \qquad -\partial_p\mathcal{A}_4 - \partial_4\mathcal{A}_p + \operatorname{rot}\Sigma = \mu\mathcal{E}_p; \\ \operatorname{rot}_p\mathcal{E} + \partial_4\mathcal{H}_p - \partial_p\mathcal{J}_2 = \mu\Sigma_p, \qquad \operatorname{div}\mathcal{H} - \partial_4\mathcal{J}_2 = -\mu\Sigma_4; \\ \operatorname{div}\Sigma + \partial_4\Sigma_4 = \mu\mathcal{J}_2, \end{cases}$$

avec les notations

$$\Phi = -i\mathcal{J}_1, \qquad \eta_{1234} = i\mathcal{J}_2,$$
$$\Phi_r = (\mathcal{A}_1, \mathcal{A}_2, \mathcal{A}_3, -\mathcal{A}_4), \qquad \xi_{234} = -\Sigma_1, \ \ldots, \qquad \xi_{123} = \Sigma_4,$$
$$\chi_{23} = -i\mathcal{H}_1, \ \ldots, \qquad \chi_{14} = -i\mathcal{E}_1, \ \ldots, \qquad \chi^{23} = -i\mathcal{H}_1, \ \ldots, \qquad \chi^{14} = i\mathcal{E}_1.$$

2. Nous savons que, dans la théorie du photon, il est possible d'exprimer par des combinaisons linéaires les 16 Φ_{ik} en fonction de 16 grandeurs, dont 10 maxwelliennes et 6 non maxwelliennes. Si, inversement, nous exprimons ces 16 grandeurs A/K, $E/K\mu$, $H/K\mu$, σ, I_1, I_2 en fonction des Φ_{ik} et si, par convention, nous les identifions aux $\mathcal{A}$, $\mathcal{E}$, $\mathcal{H}$, Σ, $\mathcal{J}_1$ et $\mathcal{J}_2$ précédents, les équations (A) prendront la forme $\partial_4\Phi_{ik} = (A_p\partial_p + \mu A_4)\Phi_{ik}$. C'est le groupe I de la théorie du photon. On obtiendrait le groupe II complémentaire en considérant une solution ψ' analogue à ψ, mais dans laquelle les signes de Φ, ξ et η, c'est-à-dire des grandeurs non électromagnétiques seraient changés.

3. Cette conclusion n'est pas très satisfaisante car les équations (A) obtenues à partir de (1) sont indépendantes de la forme particulière des γ_μ. La théorie du photon, telle qu'elle se présente habituellement et notamment l'expression des Φ_{ik} en fonction des A, E, ..., reste au contraire tout au moins en apparence subordonnée au choix des γ_μ. On sait en effet que la théorie du photon porte en réalité sur 32 grandeurs 16 en $A+B$ et 16 en $A-B$. Dans la théorie de M. L. de Broglie, 16 d'entre elles s'expriment en fonction des Φ_{ik} comme nous l'avons supposé précédemment, tandis que les 16 autres s'annulent identiquement.

Si, au contraire, nous ne tenons pas compte de ce fait, nous obtiendrons les deux groupes d'équations suivants [2] :

1° $\operatorname{div}A + \partial_4 A_4 = \mu I'_1$, $\quad \operatorname{rot}_p A + \partial_p\sigma'_4 + \partial_4\sigma'_p = \mu H_p$, $\quad \ldots;$

2° $\operatorname{div}A' + \partial_4 A'_4 = \mu I$, $\quad \operatorname{rot}_p A' + \partial_p\sigma_4 + \partial_4\sigma_p = \mu H'_p$, $\quad \ldots.$

---

[2] Nous devons cette suggestion à M. L. de Broglie.

Chacun de ces deux groupes peut être regardé comme les équations (A) dans lesquelles on aurait primé soit les grandeurs électromagnétiques, soit les autres.

Nous aurons donc le premier groupe d'équations en choisissant la solution ψ et en faisant la convention $\mathcal{A}_\mu = A_\mu$, $\mathcal{H}_p = H_p$, $\mathcal{E}_p = E_p$, $\mathcal{I}_1 = I'_1$, $\mathcal{I}_2 = I'_2$, $\Sigma_\mu = \sigma'_\mu$. Nous obtiendrons par contre le deuxième groupe en choisissant une solution $\psi' = \Phi' + \gamma^r \Phi'_r + \ldots$, les Φ', χ', ... correspondant à des grandeurs $\mathcal{I}'$, $\mathcal{A}'$, ..., telles que $\mathcal{A}'_\mu = A'_\mu$, $\mathcal{H}'_p = H'_p$, $\mathcal{E}'_p = E'_p$, $\mathcal{I}'_1 = I_1$, $\mathcal{I}'_2 = I_2$, $\Sigma'_\mu = \sigma_\mu$.

Dans le cas particulier de la théorie du photon de M. L. de Broglie, $A' = E' = H' = I' = \sigma' = 0$. Aussi nous obtiendrons les équations pour les grandeurs maxwelliennes (en A + B) et non maxwelliennes (en A — B) en choisissant deux solutions de (1) telles que

$$\psi_1 = \gamma^r \Phi_r + \frac{1}{2} \gamma^r \gamma^s \chi_{rs},$$

$$\psi'_1 = \Phi' + \frac{1}{6} \gamma^r \gamma^s \gamma^p \xi_{rsp} + \frac{1}{24} \gamma^r \gamma^s \gamma^p \gamma^q \eta_{rspq}$$

(qui sont évidemment les solutions $\psi_+ \psi'$ et $\psi_- \psi'$ envisagées en 2). Pour $\mu_0 \neq 0$ on trouve d'après (1): $\Phi' = 0$, qui correspond à $I_1 = 0$ de la théorie du photon. La solution ψ_1 est celle qui correspond aux équations de l'électron lourd. La solution ψ'_1 (tenseur dual) ne fait que nous donner une autre transcription possible d'une même équation [équation (31) de Kemmer] ([3]). Tandis que la solution ψ la plus générale nous conduit à l'un des groupes d'équations d'un corpuscule du type photon, la solution ψ_1 jointe à sa forme duale, suffit à nous donner toutes les équations de la théorie du photon de M. L. de Broglie.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une équation symbolique groupant les équations du mésoton (électron lourd), celles de Kemmer, de Klein-Gordon et les équations du photon de L. de Broglie.* Note de M. A. **Proca**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Les équations du mésoton ayant déjà été rattachées à une réalité physique, l'étude de leur structure présente un intérêt qui n'est pas purement spéculatif.

([3]) Cf. Kemmer, *Proc. of the Roy. Soc.*, A, 166, 1938, p. 127.

2. Considérons l'équation générale

$$\left(\sum_\mu \gamma_\mu D_\mu\right)\psi = k\psi,$$

où les $\gamma_\mu (\mu = 1, 2, 3, 4)$ sont les opérateurs bien counus de la théorie de Dirac ($\gamma_\mu\gamma_\nu + \gamma_\nu\gamma_\mu = 2\delta_{\mu\nu}$), et où $D_\mu = (\partial/\partial x_\mu) + (ie/\hbar c)A_\mu$, $k = mc/\hbar$.

Dans cette équation ψ est considéré comme le nombre hypercomplexe le plus général dans le domaine des γ_μ ([1]), à savoir

$$(2) \qquad \psi = \Phi + \gamma_r\Phi_r + \frac{1}{2}\gamma_r\gamma_s\chi_{rs} + \frac{1}{6}\gamma_r\gamma_s\gamma_t\xi_{rst} + \frac{1}{24}\gamma_n\gamma_s\gamma_t\gamma_u\eta_{rstu}$$
$$(r, s, t, u = 1, 2, 3, 4).$$

(1) est équivalente à 16 équations ordinaires, au plus, obtenues en égalant les coefficients des produits des γ_μ.

3. L'invariance relativiste de (1) est assurée si Φ est un scalaire, Φ_μ un vecteur et χ_{rs}, ξ_{rst}, η_{rstu} des tenseurs complètement antisymétriques de rang 2, 3, 4. Bien entendu, un ou plusieurs de ces éléments peuvent être nuls; à chacune de ces hypothèses correspond un autre système d'équations.

4. *Les équations du mésoton* se déduisent de (1) en supposant que

$$\Psi = \gamma_r\Phi_r + \frac{1}{2}\gamma_r\gamma_s\chi_{rs}.$$

En l'absence de champ, (1) est équivalente aux équations

$$\partial_r\chi^{rs} = k\Phi^s, \qquad \partial_r\Phi^r = 0.$$
$$\partial_r\Phi_s - \partial_s\Phi_r = k\chi_{rs}, \qquad \sum_{\text{cycl.}}\partial_t\chi_{rs} = 0.$$

Les deux premières sont les équations du mésoton avec les notations de Kemmer ([1]); les deux autres en sont une conséquence.

5. Si l'on prend

$$\psi = \Phi + \gamma_r\Phi_r,$$

l'équation (1) est équivalente à un système conduisant à *l'équation de Klein-Gordon*.

6. Si l'on prend successivement

$$\psi = \frac{1}{2}\gamma_r\gamma_s\chi_{rs} + \frac{1}{6}\gamma_2\gamma_s\gamma_t\xi_{rst},$$

$$\psi = \frac{1}{6}\gamma_r\gamma_s\gamma_t\xi_{rst} + \frac{1}{24}\gamma_r\gamma_s\gamma_t\gamma_u\eta_{rstu},$$

([1]) Cf. p. ex. A. Proca, *Journ. de Phys.*, **1**, 1930, p. 235; **3**, 1932, p. 172.

on obtient *les équations de Kemmer* [2], qui sont celles de Klein-Gordon et celles du mesoton, écrites avec les tenseurs duals.

7. On peut évidemment prendre divers autres cas particuliers. Si toutefois on laisse à ψ toute sa généralité, on a une fonction d'onde à 16 composantes, et l'équation (1) à laquelle elle satisfait est équivalente à l'un des groupes de la *théorie du photon de M. L. de Broglie* [3], ainsi qu'il est démontré d'autre part (ci-dessus, p. 1180) par Mme M.-A. Tonnelat-Baudot.

ACOUSTIQUE. — *Dispositif expérimental pour la mesure de la vitesse du son dans les liquides, par une méthode de résonance. Mesure de la vitesse du son dans le mercure.* Note [1] de M. **Constantin Salcbanu**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons donné [2] quelques résultats de mesures de la vitesse du son dans les liquides; voici quelques précisions sur le dispositif de résonance employé et un résultat nouveau.

Le liquide à étudier (400^{cm^3} environ) se trouve dans le réservoir en verre (*c*) qui porte à sa partie inférieure un rebord rodé, lequel, par l'intermédiaire d'une rondelle en caoutchouc, vient en contact avec la membrane vibrante (*g*). La partie supérieure rodée du réservoir porte un bouchon en caoutchouc (*e*).

La lame vibrante (*g*) est en mica de $0^{mm},5$ d'épaisseur, elle est fixée au moyen de deux rondelles en caoutchouc de 2^{mm} d'épaisseur chacune. Le dispositif entier repose sur un support en bois paraffiné (ou en aluminium) (*b*) soutenu par 3 pieds en laiton; 8 boulons maintiennent le couvercle (*a*) du support (*b*).

La source sonore est une lame métallique vibrante, adaptée sur un cube en bois (*h*) de 2^{cm} d'arête, qui peut s'introduire sous la lame vibrante à l'aide d'un coulissage dans une monture métallique (*i*). Les conditions de l'expérience sont améliorées si l'on attache en dessous la boîte en bois (*l*) qui peut servir de chambre de résonance.

---

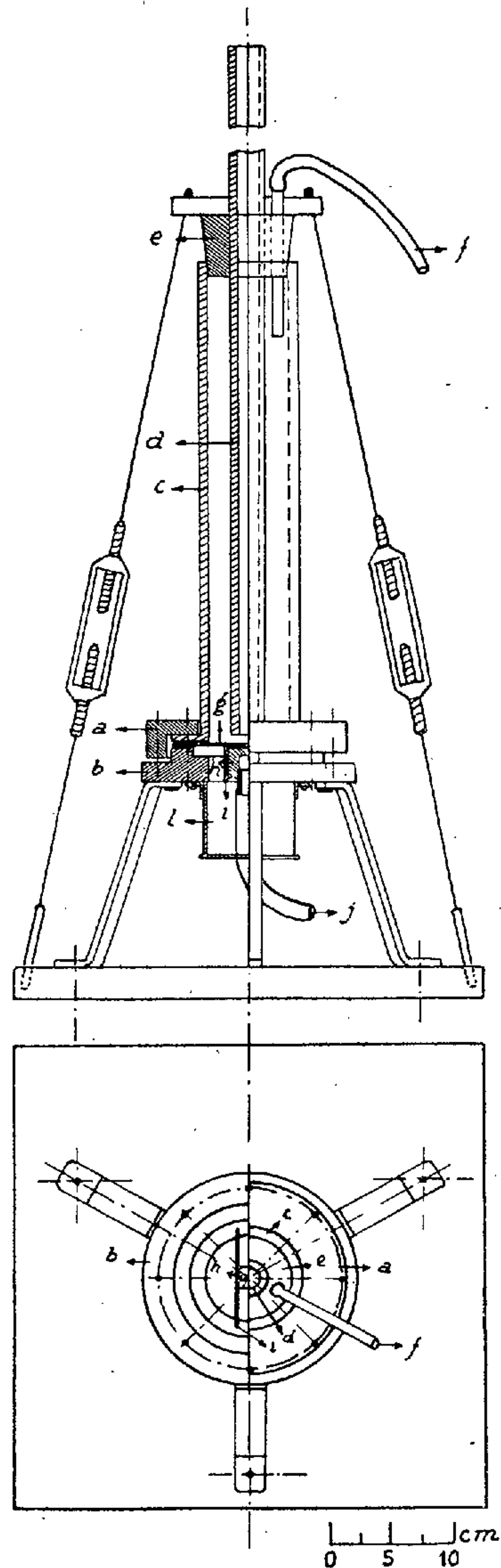
(2) *Proc. Roy. Society London*, A, 166, 1938, p. 127.

(3) L. de Broglie, *Nouvelles recherches sur la lumière*, 1938, Paris.

(1) Séance du 5 décembre 1938.

(2) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1219; C. Sălcbanu et Arnelin Istrati, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 329, et 206, 1938, p. 502.

Le tube en caoutchouc (j) relie le cube (h) à une trompe à eau, qui produit la vibration de la lame métallique par aspiration de l'air, ou bien à un



compresseur, qui produit la vibration par le refoulement de celui-ci. Le bouchon en caoutchouc (e) de la partie supérieure de l'appareil est percé de deux ouvertures par où s'introduisent : 1° au milieu, le tube en verre (d) à parois épaisses, lequel permet de maintenir ou de varier la longueur de la

colonne du liquide à étudier, et 2° un petit tube en verre ou en laiton relié à un tube en caoutchouc (f) par où s'exerce la pression d'une pompe auxiliaire sur le liquide du vase cylindrique (c). De cette façon on peut faire monter le liquide à diverses hauteurs dans le tube central (d).

Les maxima de résonance sont observés à l'oreille à l'aide d'un tube en caoutchouc introduit dans le haut du tube (d). Le niveau du liquide correspondant aux maxima est marqué au moyen d'anneaux de caoutchouc fins. L'audition est optima lorsque l'extrémité du tube (d) se trouve aussi près que possible de la plaque de résonance et lorsque ce tube est parfaitement centré à l'intérieur du réservoir (c).

Dans le cas du mercure il a fallu enrouler autour du réservoir (c) un fil métallique protecteur. La pression exercée sur le bouchon en caoutchouc (e) a été contrebalancée par un ancrage indiqué dans la figure. Voici les résultats obtenus dans ce cas ($t + 22°,5$) :

n per/sec.	y (mètres).	$\beta.10^6$.	U.	W.	V = U.W m/s.	V_{Newton} m/s.
1290 (mi_5).....	0,313	3,95	1,737	807	1402	1374
1535 (sol_5)....	0,265			813	1412	
				Moyenne...	1407 m/s	

Les notations sont celles de notre première Note. Les sources sonores mi_5 et sol_5 sont un peu différentes de celles avec lesquelles on avait travaillé auparavant. Le son a été obtenu par refoulement de l'air avec un compresseur et non par absorption de celui-ci comme dans le cas des autres substances étudiées. La vitesse du son calculée par la formule de Newton est inférieure de 2,3 pour 100 à celle que nous obtenons ici. Le même fait a été constaté pour la plupart des liquides étudiés précédemment.

THERMODYNAMIQUE STATISTIQUE. — *La viscosité de l'hélium liquide et la statistique de Bose-Einstein.* Note de M. **L. Tisza**, présentée par M. Paul Langevin.

Nous avons montré [1] que l'application de la statistique de Bose-Einstein sur l'He II, proposée par London [2], permet de comprendre la *supraconductibilité thermique* de cette substance. On verra dans la Note présente que cette conception peut rendre compte aussi de la *viscosité* de l'hélium liquide

(1) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1035. Nous désignerons par **1** cette Note, où sont définies nos notations.

(2) *Nature*, **141**, 1938, p. 643.

et des effets curieux observés sur l'He II dans les tubes capillaires très minces.

Nous avons vu que l'He II est composé de deux *phases* : les atomes de la *phase* I sont en mouvement de translation thermique avec une vitesse moyenne $\bar{v} \sim \sqrt{kT/m}$, tandis que la vitesse de translation des atomes II est nulle. Il résulte de ce mouvement une dissipation d'impulsion, c'est-à-dire une *viscosité* du même type *cinétique* que celle d'un gaz. Cette viscosité peut être estimée suivant la formule élémentaire $\eta \sim \rho^{\text{I}}\bar{v}l$, où $l \sim \frac{m}{\rho_0 \sigma} = \frac{m}{(\rho^{\text{I}} + \rho^{\text{II}})\sigma}$ est le libre parcours moyen et σ la section efficace de choc d'un atome I avec un atome quelconque (σ sera pratiquement le même pour les atomes des deux *phases*) ([3]). Les atomes II n'ayant pas de vitesse de translation, *la phase II n'a pas de viscosité du type cinétique* considéré ici. Ces atomes interviennent pourtant en raccourcissant le libre parcours des atomes I et *diminuant* ainsi la *viscosité* de la *phase* I. On a pour l'He II (cf. 1) $\rho^{\text{I}} \sim \rho_0 (T/T_0)^5$; pour l'He I, $\rho^{\text{I}} = \rho_0$, et par conséquent

$$\text{pour} \quad T \leqq T_0, \quad \eta \sim \frac{1}{\sigma}\sqrt{mkT}\left(\frac{T}{T_0}\right)^5, \qquad \text{pour} \quad T \geqq T_0, \quad \eta \sim \frac{1}{\sigma}\sqrt{mkT}.$$

Cette loi de dépendance de la température (σ est pratiquement invariable) est en accord *quantitatif* avec les mesures de Keesom et Mac Wood ([4]), exécutées par la méthode du disque oscillant (sauf une anomalie mal définie au point λ). On déduit des valeurs empiriques de $\eta : l \sim 10^{-7}$ cm. Si l'on remarque encore que le rapport de la viscosité du liquide et du gaz au point de condensation (ordinaire) n'est que 2,3 pour l'He contre 14 pour l'H_2, on voit que le mécanisme *cinétique* rend compte de la *viscosité* observée dans l'He I et II. Dans les autres liquides, au contraire, la dissipation d'impulsion par l'intermédiaire des forces de van der Waals joue un rôle essentiel. La viscosité correspondante n'a pas encore pu être calculée d'une manière satisfaisante, mais on sait que ce mécanisme entraîne $d\eta/dT < 0$, ce qui est vrai pour tous les liquides, sauf l'He. La position particulière de celui-ci est due sans doute au fait que les forces de van der Waals sont compensées en grande partie par l'énergie cinétique au zéro absolu, ce qui explique aussi l'absence de cristallisation de l'He à pression nulle ([5]).

En résumé, la viscosité de la *phase* II sera nulle, ou du moins négli-

---

([3]) Les *chocs* avec les ondes de Debye peuvent être négligés.

([4]) *Physica*, 5, 1938, p. 737.

([5]) F. SIMON, *Nature*, 133, 1934, p. 529; F. LONDON, *Proc. Roy. Soc.*, A, 153, 1936, p. 576.

geable par rapport à celle de la *phase* I : *la phase* II *est superfluide*. Il existe donc des tubes capillaires semi-perméables, c'est-à-dire assez fins pour arrêter pratiquement la *phase* I et laisser passer la *phase* II. Considérons deux récipients A et B reliés par un tube capillaire semi-perméable. Le niveau du liquide en A est plus haut qu'en B. A cause de la pression $p^{I}(T)$ exercée par la *phase* I seule (cf. 1), ce dispositif sera analogue à une cellule osmotique. La différence de pression hydrostatique est égale à la différence des pressions *osmotiques* $P = p^{I}_{A} - p^{I}_{B}$. Mais cet équilibre ne sera pas stable, parce que $p^{I}_{A} > p^{I}_{B}$ entraîne $T_{A} > T_{B}$, *d'où il résulte une distillation de* A *vers* B. Le niveau en A s'abaissera au fur et à mesure que le permet la diminution de T_{A} et p^{I}_{A} par suite de l'évaporation. Ce processus sera *indépendant de la différence des niveaux*.

Un niveau constant peut être maintenu si l'on transmet au récipient A une quantité de chaleur W par seconde. Dans le régime stationnaire il se produit un courant cyclique de N atomes par seconde de A vers B par distillation et de B vers A à travers le capillaire par un courant *superfluide* de la *phase* II. On a $W = Nw$, où w est le travail de sortie d'un atome II de l'intérieur du liquide à la vapeur. En mesurant les températures T_{A}, T_{B} et la pression hydrostatique $P = p^{I}_{A} - p^{I}_{B}$, on pourra déterminer empiriquement l'équation d'état $p^{I} = p^{I}(T)$.

Ces résultats sont en accord avec tous les détails des mesures d'écoulement et avec le phénomène de la *fontaine d'He*, dans les tubes capillaires les plus minces (6). Si le tube est assez large pour que la *phase* I puisse couler aussi, il n'y aura plus de régularités nettes, ce qui correspond bien à la complexité des phénomènes observés dans les tubes de différentes dimensions (7).

Le phénomène de grimpage de Rollin (8) (*creeping*) peut être réduit au cas précédent en considérant la surface de la paroi comme une lame capillaire semi-perméable mouillée par l'He, ce qui est confirmé par les mesures quantitatives de Daunt et Mendelssohn (9).

---

(6) J. F. ALLEN et A. D. MISENER, *Nature*, **142**, 1938, p. 643; Cf. J. F. ALLEN et H. JONES, *Nature*, **141**, 1938, p. 243.

(7) ALLEN et MISENER, *loc. cit.*; E. F. BURTON, *Nature*, **142**, 1938, p. 74; W. F. GIAUQUE, J. W. STOUT et R. E. BARIEU, *Phys. Rev.*, **54**, 1938, p. 147; P. KAPITZA, *Nature*, **141**, 1938, p. 74.

(8) KÜRTI, ROLLIN et SIMON, *Physica*, **3**, 1936, p. 266; ROLLIN, *Actes VIIe Congr. int. du Froid*, **1**, 1936, p. 189.

(9) *Nature*, **142**, 1938, p. 475; Cf. A. K. KIKOIN et B. S. LASAREW, *Nature*, **142**, 1938, p. 289.

Aux températures très basses ($\rho^{\mathrm{I}} \ll \rho^{\mathrm{II}}$) le rôle de la distillation ne sera plus décisif et l'on pourra observer l'écoulement *superfluide* proprement dit, ce qui peut être intéressant du point de vue hydrodynamique.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur le mouvement d'une particule électrisée dans un champ électrique et dans un champ magnétique superposés.* Note [1] de M. **Tommaso Boggio**, transmise par M. Élie Cartan.

Si l'on désigne par V la fonction potentielle d'un champ électrique, et par U celle d'un champ magnétique, l'équation du mouvement d'une particule électrisée P, soumise à l'action des deux champs considérés, est

$$m\frac{d\mathbf{v}}{dt} = -\operatorname{grad}\mathrm{V} + \mathbf{v}\wedge\operatorname{grad}\mathrm{U}, \tag{1}$$

où $\mathbf{v} = d\mathrm{P}/dt$ est le vecteur qui représente la vitesse de la particule, et m est une constante.

En faisant le produit scalaire par $\mathbf{v}$ on déduit l'intégrale très connue $m\mathbf{v}^2 + 2\mathrm{V} = \text{const}$.

Je me propose maintenant d'établir une intégrale nouvelle, dans l'hypothèse que les champs électrique et magnétique soient symétriques par rapport à un axe z, de sorte que les fonctions potentielles V et U ne dépendent que des distances u et z du point P à l' axe z et au plan normal à l'axe z en un point quelconque O.

Si $\mathbf{a}$ indique un vecteur unitaire parallèle à l'axe z, il est clair que

$$\mathbf{a}\wedge(\mathrm{P}-\mathrm{O}) = u\mathbf{b},$$

$\mathbf{b}$ étant un vecteur unitaire normal au plan Pz.

On déduit alors de l'équation (1)

$$m\frac{d\mathbf{v}}{dt}\times\mathbf{a}\wedge(\mathrm{P}-\mathrm{O}) = (\mathbf{v}\wedge\operatorname{grad}\mathrm{U})\times u\mathbf{b} = -\mathbf{v}\times\mathbf{b}\wedge u\operatorname{grad}\mathrm{U},$$

ou bien

$$\frac{d}{dt}[m\mathbf{v}\times\mathbf{a}\wedge(\mathrm{P}-\mathrm{O})] = -\mathbf{v}\times\mathbf{b}\wedge\left(u\frac{\partial\mathrm{U}}{\partial u}\operatorname{grad}u + u\frac{\partial\mathrm{U}}{\partial z}\operatorname{grad}z\right)$$
$$= -\mathbf{v}\times\left(u\frac{\partial\mathrm{U}}{\partial u}\operatorname{grad}z - u\frac{\partial\mathrm{U}}{\partial z}\operatorname{grad}u\right).$$

---

(1) Séance du 22 août 1938.

Comme la fonction U est harmonique (dans l'espace extérieur aux masses magnétiques), l'équation de Laplace $\Delta_2 U = o$ nous donne, en employant les variables u et z,

$$\frac{\partial}{\partial u}\left(u\frac{\partial U}{\partial u}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(u\frac{\partial U}{\partial z}\right)=0;$$

on peut donc poser

$$u\frac{\partial U}{\partial u}=\frac{\partial U_1}{\partial z}, \qquad u\frac{\partial U}{\partial z}=-\frac{\partial U_1}{\partial u};$$

la fonction U_1 s'appelle, suivant Beltrami, *fonction associée* à la fonction U, et satisfait, ainsi que je l'ai montré ailleurs ([1]), à l'équation $\Delta_2\Delta_2 U_1 = o$.

En introduisant la fonction U_1 nous aurons

$$\frac{d}{dt}[m\mathbf{v}\times\mathbf{a}\wedge(P-O)]=-\mathbf{v}\times\left(\frac{\partial U_1}{\partial z}\operatorname{grad} z+\frac{\partial U_1}{\partial u}\operatorname{grad} u\right)$$
$$=-\frac{dP}{dt}\times\operatorname{grad} U_1=-\frac{dU_1}{dt};$$

il en suit l'intégrale

$$m\mathbf{v}\times\mathbf{a}\wedge(P-O)+U_1=\text{const.} \tag{2}$$

L'équation $U_1 = \text{const.}$ représente, comme on sait, sur le plan Pz, les trajectoires orthogonales des lignes $U = \text{const.}$

Dans les deux cas particuliers où la fonction U a les expressions

$$U=\sum_1^n{}_s\frac{h_s}{r_s}, \qquad U=\sum_1^n{}_s h_s r_s^{-m}P_{m-1}(\cos\theta_s),$$

h_s étant une constante, r_s la distance du point P au point O_s de l'axe z, θ_s l'angle que le rayon vecteur O_sP forme avec l'axe z, et $P_{m-1}(\cos\theta_s)$ le polynome de Legendre du degré $m-1$, les intégrales correspondant à la formule (2) ont été établies, tout récemment, par moi et par M. Agostinelli ([2]).

Remarque. — On pourrait aussi parvenir à l'intégrale (2) à l'aide des équations de Lagrange, équivalentes à l'équation (1), qui ont été établies par M. Levi-Civita ([3]).

([1]) Boggio, *Rendiconti R. Istituto Lombardo*, serie 2, 38, 1905, p. 454.

([2]) Voir *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 134, et *Rendiconti R. Accademia Lincei*, serie 6ª, 28, 1938, p. 83.

([3]) *Archiv for Mathematik og Naturvidenskab*, 31, XII, 1911.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Affaiblissement des champs électromagnétiques sur ondes ultra-courtes au passage des rivières.* Note (¹) de M. **Yves Rocard**, présentée par M. Charles Fabry.

Au cours de vols effectués en 1936, pour des essais de radiophares de guidage de la Société française radioélectrique, émettant sur des longueurs d'onde de $7^m,15$ à 9^m, dans la région d'Angoulême-Bordeaux, il nous a été donné de constater un affaiblissement marqué des champs reçus, en polarisation verticale, au passage de la Garonne et de la Dordogne, dans la région d'Ambès. Comme cet effet se produisait indifféremment avec un émetteur situé dans le Sud-Ouest, derrière l'aérodrome de Bordeaux-Teynac, ou avec un émetteur dans le Nord-Est, à Landes-de-Bussac, tous deux rayonnant environ 100 watts antenne et étant situés à 25^{km} sensiblement, il n'y avait pas de doute (vu l'absence de relief dans la région) qu'il fallait l'attribuer à l'influence des grandes masses d'eau roulées par la Garonne et la Dordogne en cet endroit. Nous avons publié ces observations dans le *Bulletin de la Société française radioélectrique*, numéro du quatrième trimestre 1936, mais nous croyons opportun de les rappeler, maintenant qu'en Amérique on vient de découvrir le même phénomène (W. E. Jackson, *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, juin 1938, p. 681).

L'affaiblissement en question, relevé aussi bien sur un avion Potez 58 de tourisme que sur le *Simoun* de la Compagnie Air Bleu, était décelé par un changement, lu sur un appareil de mesure, dans la polarisation automatique du récepteur muni d'un dispositif antifading. Sensible sur une distance d'environ 2^{km} (soit trente secondes de vol en « Simoun »), il se traduirait par une baisse du champ reçu dans un rapport de 0,6 à 0,7 environ pour 300^m d'altitude, l'effet étant moins sensible aux altitudes plus élevées, et probablement plus accentué aux altitudes plus basses. L'exploration en avion, jointe à la constante de temps introduite par le mécanisme de l'antifading, était toutefois beaucoup trop rapide pour permettre de préciser très exactement la situation des points où l'on relevait les valeurs du champ.

Il n'est pas impossible que de tels effets locaux dans la propagation

(¹) Séance du 5 décembre 1938.

puissent être utilisés, moyennant une étude préalable, pour fournir aux avions volant à basse altitude sans visibilité des renseignements sommaires mais utiles. Ainsi dans les vols auxquels nous nous référons, l'anomalie de réception sur la Garonne fournissait une sorte de signal d'approche avant l'arrivée à Bordeaux.

ÉLECTROCHIMIE. — *Au sujet des phénomènes de surtension électrolytique.* Note de MM. **Marcel Lemarchands** et **Walter Juda**, présentée par M. Paul Langevin.

Nous avons proposé (1) une explication du phénomène de surtension cathodique de l'hydrogène. Partant de faits déjà établis par l'un de nous, établissant qu'aux alentours immédiats des électrodes le passage du courant crée un vide d'ions qui engendre et maintient une différence de potentiel, nous avions suggéré que cette d. d. p. dans le cas de l'hydrogène n'était autre que sa *surtension*. Elle devait, à température constante, être fonction de la densité de courant d et de la concentration initiale C_i de la solution d'ions $\overset{+}{H}$. L'étude expérimentale de ε_H pour l'électrode de platine platiné, plongeant dans des solutions d'acide sulfurique de concentration variant de 0,02 à 4 N, confirma tout à fait ces prévisions.

Nous avons cherché à établir théoriquement la relation liant ces trois facteurs ε_H, C_i, d. L'énergie libre de la réaction électrochimique



$$H^2 - 2\Theta \rightleftharpoons 2\overset{+}{H}$$

est

$$\varepsilon = \frac{RT}{2F}\left(\text{Log}\frac{C_{H^2}}{C^2_{\overset{+}{H}}} + \text{Log}\frac{C'^2_{\overset{+}{H}}}{C'_{H^2}}\right), \tag{1}$$

C_{H^2} et $C_{\overset{+}{H}}$ représentant respectivement la concentration moléculaire de l'hydrogène dans l'électrode et la concentration ionique de la solution électrolytique; C'_{H^2}, $C'_{\overset{+}{H}}$ les concentrations de l'hydrogène moléculaire et ionique dans la phase de transition. Dans l'électrode normale d'hydrogène, C_{H^2} est la concentration correspondant à la pression d'atmosphère pour le gaz hydrogène, $C_{\overset{+}{H}} = 1$ représente l'activité de l'ion hydrogène dans la solution électrolytique, $\text{Log}(C'^2_{\overset{+}{H}}/C'_{H^2})$ est constante à température fixe.

(1) Lemarchands et Juda, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 730.

Dans ces conditions Nernst pose

$$(2)\qquad \varepsilon_H = \frac{RT}{2F}\,\mathrm{Log}_e\,\frac{C_{H^2}}{1} + \frac{RT}{2F}\,\mathrm{Log}_e K = 0.$$

Supposons maintenant que, toutes choses égales d'ailleurs, de l'électrode à la solution, circule un courant de densité d, la formule (1) peut-elle s'appliquer? Nous adopterons les vues de R. Lorentz (²) qui attribue à la phase de transition, siège principal de la réaction électrochimique, le rôle d'un agent catalytique parfait, provoquant instantanément dans son sein des états d'équilibre stable. Nous admettons qu'alors l'équilibre électrochimique, suit instantanément les modifications de concentration. Si la température reste constante, $\mathrm{Log}\,C_{\overset{+}{H}}^{2}/C_{H^2}$ ne varie pas. Il en est de même de C_{H^2} si la pression de l'hydrogène ne change pas au-dessus de l'électrode. Mais la concentration $C_{\overset{+}{H}}$ autour de l'électrode diminue, ainsi que l'expérience le montre, et la d. d. p. prend alors une certaine valeur $\Delta\varepsilon_H$ qui représente la surtension de l'hydrogène :

$$(3)\qquad \Delta\varepsilon_H = \frac{RT}{2F}\,\mathrm{Log}_e\,\frac{C_{H^2}}{C'^{2}_{\overset{+}{H}}} + \mathrm{Log}_e K.$$

En soustrayant (3) de (2)

$$(4)\qquad \Delta\varepsilon_H = \frac{RT}{2F}\,\mathrm{Log}_e\,\frac{1}{C^{2}_{\overset{+}{H}}} = \frac{RT}{F}\,\mathrm{Log}_e\,\frac{1}{C_{\overset{+}{H}}},$$

mais $\Delta\varepsilon_H$ est une fonction de la densité de courant d: les courbes expérimentales $f(\nabla\varepsilon_H, d)$ sont sensiblement des droites avec allure logarithmique très atténuée. Nous posons donc

$$(5)\qquad \Delta\varepsilon_H = \mathrm{Log}_e(\alpha + \beta d).$$

De (4) et (5), nous tirons

$$(6)\qquad \frac{1}{C_{\overset{+}{H}}} = (\alpha + \beta d)^{\frac{F}{RT}},$$

qui permet de calculer la concentration des ions hydrogène aux alentours immédiats de la cathode. (5) peut se mettre sous une forme dans laquelle α et β sont aisément calculables

$$(7)\qquad 1 + \Delta\varepsilon_H + \frac{\overline{\Delta\varepsilon_H}^{2}}{2} = \alpha + \beta d.$$

(²) *Traité pratique d'Électrochimie*, traduction G. Hostelet, 1905, p. 190.

Les valeurs expérimentales de $\Delta\varepsilon_H$ et d, introduites dans (7), permettent de calculer les coefficients α et β. Voici leur valeur pour diverses valeurs de la concentration initiale C_i

C_i		0,1.	0,2.	0,3.	0,5.	0,7.	1.	2.
Valeurs moyennes de	α.....	1,07	1,04	1,02	1,02	1,02	1	1
	β.....	0,0318	0,0173	0,1115	0,0073	0,0051	0,0036	0,0020

α est sensiblement constant, si on le compare à β. La certitude sur leur valeur croît en même temps que C_i augmente : l'approximation est mauvaise pour les mesures de la densité de courant pour les faibles dilutions, celle sur $\Delta\varepsilon$ n'est jamais inférieure à 1/25e, α est donc très voisin de l'unité. Si β n'est pas constant, par contre le produit $\beta C_i = 0{,}00366$ (8), voici des valeurs pour les diverses concentrations initiales

C_i	0,02N.	0,1N.	0,2N.	0,3N.	0,5N.	0,7N.	1N.	2N.
βC_i.....	0,00434	0,00318	0,00346	0,00345	0,00365	0,00357	0,00360	0,0040

Si l'on remplace dans (5) β par sa valeur tirée de (8), on voit que $\Delta\varepsilon_H$ varie en sens inverse de C_i. C'est bien ce que donne l'expérience. (7) comporte donc implicitement une deuxième loi expérimentale.

Nous concluons de cette étude que la cause de la surtension des gaz sur l'électrode de platine platiné, dont l'origine était inconnue, malgré de très nombreux travaux, réside dans la simple attraction des ions, plus intense aux alentours immédiats de l'électrode : elle est donc fonction de la densité de courant et de la concentration initiale de l'électrolyte. Les diverses hypothèses faites pour établir la relation $f(\Delta\varepsilon_H, C_i, d)$, rôle catalytique de la phase de transition, validité de l'équation de van't Hoff représentant le potentiel de l'électrode parcourue par un courant, nous paraissent recevoir une intéressante confirmation.

SPECTROSCOPIE. — *Prolongation de la série* $1\,{}^1P_1 - m\,{}^1S_0$ *du zinc.* Note de M. **Henri Bruck**, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait que, dans la plupart des expériences de laboratoire, beaucoup de séries spectrales n'apparaissent que par quelques raies de rang peu élevé. La cause principale de cette limitation paraît résider dans la pression relativement forte du gaz lumineux; par suite de cette pression, les atomes portés à un état d'excitation élevé perdent leur énergie d'excitation par choc, avant d'avoir pu rayonner.

En employant un arc au mercure en régime peu poussé M. H. Buisson [1] a pu compléter et prolonger d'une façon notable certaines séries de triplets du mercure.

Nous avons remarqué qu'un jet atomique dans le vide, rendu lumineux par choc électronique, constitue aussi une source émettant des raies de série jusqu'à un rang plus élevé que d'ordinaire. L'expérience a été faite dans la vapeur du zinc et l'observation a porté spécialement sur la série des simplets $1\,{}^1P_1 - m\,{}^1S_0$, qui s'excitent d'une façon relativement intense dans le jet atomique.

L'appareil producteur du jet atomique est semblable à celui qui a déjà été utilisé par Minkowski et Bruck [2] pour l'étude du cadmium. On a seulement modifié la construction et amélioré la protection thermique du creuset à cause de la température d'évaporation plus élevée du zinc. De plus, la densité du courant électronique qui sert au bombardement du jet a été portée jusqu'à 125 milliampères par centimètre carré sur une profondeur utile de 17^{mm}, la tension appliquée allant jusqu'à 115 volts.

L'ouverture géométrique du jet est de 1/5 et la température de 585°C. La densité des atomes de zinc est égale à celle d'un gaz ordinaire à une pression de 3.10^{-5}mm de mercure et à 0°C. Le nombre des chocs cinétiques dans le jet [3] est trois fois moindre que dans une vapeur de même densité et de même température à cause de l'abaissement des vitesses relatives des atomes qui, dans le jet, se meuvent tous dans une seule direction.

Dans ces conditions, on note, pour toutes les séries, l'apparition de raies d'ordre élevé avec une intensité relativement grande. En particulier, la série des simplets $1\,{}^1P_1 - m\,{}^1S_0$, qui est connue jusqu'au rang $m = 6$, se prolonge par les raies du rang 7, 8 et 9 que nous avons photographiées et mesurées avec une précision de 0,1 Å pour les deux premières et un peu inférieure pour la dernière. Les trois raies nouvelles s'accordent bien, à l'ordre de précision des expériences, avec la formule de Rydberg qui représente les six raies déjà connues. Le tableau suivant fait connaître les longueurs d'onde λ dans l'air ainsi que les nombres d'onde ν dans le vide et les intensités i des trois raies nouvelles que nous avons observées.

m.	i	λ.	ν.
7	3	3702,6	27000
8	2	3641,6	27453
9	1	3599	2778_0

(1) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1270.
(2) *Zeits. f. Ph.*, 95, 1935, p. 274.
(3) A. Bogros, *Ann. de Phys.*, 17, 1932, p. 232.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres de quelques dérivés du méthane dans l'infrarouge lointain.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous nous sommes proposé d'étudier la transmission de quelques dérivés halogénés du méthane dans la région du spectre infrarouge s'étendant de 17 à 65 μ. A cet effet, nous avons fait usage d'un dispositif spectroscopique à réseau de fils décrit dans une Note antérieure (1). Peu de recherches ont été faites dans cette région sur ces composés, sauf celles de Strong (2) et les études que nous avons poursuivies par la méthode des rayons restants (3). D'un autre côté Kohlrausch (4), puis Lecomte et Emschwiller (5) ont étudié les modes de vibration de ces corps; nous utilisons leurs notations dans ce qui suit.

I. *Composés dihalogénés.* — Nous avons étudié la transmission du chlorure, du bromure et de l'iodure de méthylène. Le tableau suivant donne la longueur d'onde, en microns, des bandes observées et les modes de vibration qui correspondent à certaines d'entre elles (les nombres entre parenthèses donnent la fréquence en cm^{-1}).

	Modes de vibration.			Autres bandes.		
Composés.	δ_1.	$2\delta_1$.	δ_3.			
CH^2Cl^2...	38(263)	–	20 (500)	32 (312)	45 (222)	–
CH^2Br^2...	53(189)	30,4(329)	24,5(408)	36,5(274)	42,3(236)	47,5(210)
CH^2I^2.....	–	42 (238)	26,5(377)	28,5(350)	36,5(274)	48 (208)

II. *Composés trihalogénés.* — Nous avons étudié le chloroforme, le bromoforme et l'iodoforme. Le tableau suivant donne la longueur d'onde des bandes d'absorption, en microns, et la fréquence correspondante en cm^{-1} (entre parenthèses).

	Modes de vibration.					Autres bandes.	
Composés.	δ_{12}.	$2\delta_{12}$.	δ_3.	$2\delta_3$.	ν_1.		
$CHCl^3$.....	38,5(260)	20,5(488)	27,5(364)	–	–	33 (303)	43,5(230)
$CHBr^3$.....	–	32,5(308)	46 (217)	–	–	25,5(392)	40 (250)
CHI^3......	–	45 (222)	–	37(270)	24(416)	27,5(364)	50 (200)

(1) P. Barchewitz et M. Parodi, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1891.
(2) J. Strong, *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 1818.
(3) M. Parodi, *Thèse*, Paris, 1938.
(4) K. W. F. Kohlrausch, *Z. phys. Chem.*, B, 28, 1935, p. 340.
(5) J. Lecomte et G. Emschwiller, *Journ. de Phys.*, 8, 1937, p. 130.

III. *Composés tétrahalogénés.* — Nous avons étudié la transmission du tétrachlorure de carbone et celle du tétrabromure. Les longueurs d'onde des bandes observées se trouvent dans le tableau suivant :

	Modes de vibration.		Autres bandes.				
Composés.	$2\delta_{345}$.	δ_{345}.					
CCl^4......	–	33,5 (300)	19 (525)	27 (370)	40,5 (247)	46 (217)	–
CBr^4......	27,4 (365)	55 (182)	22 (454)	33 (303)	37,5 (266)	47 (213)	61 (164)

Interprétation. — Les deux premiers groupes de composés possèdent respectivement 9 et 6 modes de vibration actifs à la fois dans l'infrarouge et dans l'effet Raman ([6]); le dernier ne présente que deux modes de vibration actifs dans l'infrarouge. Les fréquences de déformation sont désignées par le symbole δ, celles de valence par ν et l'on peut remarquer l'augmentation de la multiplicité des fréquences de vibration à mesure que le nombre des atomes substitués augmente.

D'une façon générale, les longueurs d'onde des bandes fondamentales observées sont en bon accord avec celles que la méthode des rayons restants nous avait permis de déterminer, ainsi qu'avec les valeurs déduites de l'examen du spectre de diffusion.

D'autre part, certaines des bandes placées dans nos tableaux sous l'indicatif *autres bandes* peuvent s'expliquer par des combinaisons de la forme $f_i \pm f_k$, f_i et f_k désignant deux quelconques des fréquences fondamentales. Ainsi, pour CBr^4, la bande située à 22μ (454 cm^{-1}) peut être considérée comme due à la combinaison $\nu_1 + \delta_{345}$. ν_1 est active seulement dans le spectre Raman et a pour valeur 265 cm^{-1} ; ceci semble confirmer le fait que la combinaison d'une fréquence active et d'une inactive peut donner lieu à une bande d'absorption dans l'infrarouge.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption et de fluorescence des pigments contenus dans le millepertuis du bassin méditerranéen* (Hypericum crispum). Note de M. **Louis Montlaur**, présentée par M. Charles Fabry.

Il existe en Tunisie un millepertuis (*Hypericum crispum*) qui, lorsqu'il est ingéré par des animaux à peau peu pigmentée, et particulièrement par le mouton blanc, provoque des accidents mortels. Toutefois, il n'en est ainsi que pour des animaux vivant en plein air et se trouvant constamment

([6]) J. Lecomte et G. Emschwiller, *loc. cit.*

exposés au rayonnement solaire direct, ce qui conduit à attribuer à une sorte de photosensibilisation les troubles occasionnés par l'absorption du millepertuis. Les dermatites constatées sur les animaux atteints paraissent dues effectivement à l'hypéricine, pigment contenu dans le millepertuis. Or l'hypéricine de l'*Hypericum crispum* semble bien différer, par ses spectres d'absorption et de fluorescence, du pigment de l'*Hypericum perforatum*, très répandu en Europe.

Pour ce dernier, Ch. Dhéré (¹) a signalé, pour le pigment extrait de la fleur (pétales et étamines), la présence d'une seule bande d'absorption vers 5900 Å, et de trois bandes de fluorescence vers 6500, 6200 et 6000 Å. Étudiant au même point de vue l'*Hypericum crispum*, j'ai tout d'abord examiné le pigment extrait de toute la plante (feuilles et fleurs) par infusion dans l'eau distillée chaude, et reprise du pigment par l'acétate d'éthyle après addition de carbonate de soude jusqu'à saturation. J'ai obtenu ainsi cinq bandes d'absorption : 6820-6680 Å (très faible), 6060-5790 Å (très intense), 5580-5360 Å (intense), 5190-5090 Å (faible) et 4920-4670 Å (très faible). Vers les courtes longueurs d'onde, l'absorption croît progressivement à partir de 4450 Å pour devenir totale vers 3650 Å. D'autre part le spectre de fluorescence apparaît comme une large bande s'étendant de 6570 à 5920 Å, avec deux maxima séparés par un minimum dans la région 6380-6230 Å.

Les caractères précédents sont ceux du pigment fournis par toute la plante. Or il est facile de constater qu'il s'agit en réalité de deux pigments distincts, qui peuvent être séparés après évaporation de l'acétate d'éthyle ayant servi à l'extraction. Le lavage du résidu à l'éther, puis à l'acétate d'éthyle, permet alors en effet d'obtenir deux liquides diversement colorés, le premier en orangé et l'autre en rouge cerise. L'étude spectroscopique de ces deux solutions conduit d'ailleurs aux résultats suivants :

1° La solution dans l'éther (orangé d'hypéricine) donne trois bandes d'absorption : 5870-5790 Å (très intense), 5460-5360 Å (intense), 4920-4670 Å (très faible), et une bande de fluorescence s'étendant de 6420 à 5920 Å, avec deux maxima séparés par un minimum compris entre 6300 et 6150 Å.

2° La solution rouge cerise (rouge d'hypéricine) est caractérisée par 4 bandes d'absorption : 6820-6680 Å (très faible), 6060-5860 Å (très intense), 5580-5460 Å (intense), 5190-5090 Å (faible), et par une bande

(¹) Ch. Dhéré, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 948-950.

de fluorescence, sans complexité apparente, s'étendant de 6570 à 6150 Å.

Les phénomènes observés tout d'abord s'expliquent donc bien par la coexistence des deux pigments dans la liqueur fournie par l'ensemble des feuilles et des fleurs. D'autres expériences ont été effectuées en traitant séparément, par la même méthode, les feuilles et les fleurs. Si l'on fait agir l'éther sur le pigment extrait des feuilles, ce solvant ne prend pas la coloration orangée précédemment signalée. Par contre, il en est ainsi si l'on reprend par l'éther le résidu de l'évaporation de l'acétate d'éthyle ayant agi sur les fleurs. Dans ce dernier cas, les spectres d'absorption et de fluorescence de la solution éthérée sont identiques à ceux qui ont été mentionnés pour l'orangé d'hypéricine. De même, les spectres d'absorption et de fluorescence de la liqueur obtenue en traitant les feuilles par l'acétate d'éthyle sont tout à fait analogues à ceux qui caractérisent le rouge d'hypéricine.

En résumé, l'*Hypericum crispum* contient deux pigments différents existant l'un dans la fleur et l'autre dans la feuille. D'autre part les observations précédentes, comparées aux résultats obtenus par Dhéré dans le cas de l'*Hypericum perforatum*, révèlent des différences notables entre les spectres d'absorption et de fluorescence des pigments extraits des deux millepertuis.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption et constitution chimique du liquide de Sauton ensemencé en bacilles tuberculeux B. C. G.* Note de M. **Jean Debiesse**, présentée par M. Charles Fabry.

Poursuivant l'étude des modifications de certains milieux sous l'influence de la vie microbienne, j'ai appliqué la méthode des spectres d'absorption [1] au liquide de Sauton, cultivé en bacilles tuberculeux B.C.G., ainsi qu'aux solutions aqueuses de ses constituants. Examinés dans les mêmes conditions expérimentales (source de rayonnement, cuve, spectrographe, etc.), la plupart des liquides étudiés présentent une absorption très faible dans le spectre visible, puis l'absorption croît plus ou moins brusquement vers les courtes longueurs d'onde et devient totale. Sur les diagrammes fournis

(1) J. Debiesse, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 656-658.

par le microphotomètre enregistreur de Chalonge, la région spectrale dans laquelle l'absorption augmente progressivement (seuil d'absorption) se traduit par une droite plus ou moins inclinée sur l'axe des abscisses (longueurs d'onde) et comprise entre deux segments courbes de faible longueur. Les limites du seuil d'absorption ont été obtenues arbitrairement en négligeant les segments précédents et en prolongeant simplement la partie rectiligne.

I. J'ai examiné tout d'abord les spectres d'absorption des solutions aqueuses *saturées* (épaisseur, 4^{cm}) des constituants du Sauton. Pour l'acide citrique, le phosphate bipotassique et le sulfate de magnésium, on observe seulement, à partir de 2800 Å environ, une légère absorption croissant vers les courtes longueurs d'onde. L'absorption du glycérol demeure très faible dans tout le domaine spectral considéré (6000-2000 Å). Le citrate de fer ammoniacal présente un seuil d'absorption compris entre 5800 et 4850 Å, et qui se manifeste déjà lorsque l'épaisseur est réduite à $0^{cm},5$. L'asparagine donne naissance à une légère bande (5300-5170 Å), suivie d'une bande beaucoup plus forte (4860-4600 Å) précédant elle-même le seuil d'absorption qui s'étend jusqu'à 4150 Å.

II. J'ai étudié ensuite des solutions aqueuses des mêmes constituants, mais *avec la même concentration que dans le liquide de Sauton*. Les résultats sont analogues aux précédents. On constate cependant que les bandes de l'asparagine (concentration : 4 pour 1000) sont loin d'être affaiblies dans le rapport des concentrations (28/1). De plus, le citrate de fer ammoniacal, à 0,05 pour 1000, ne devient totalement absorbant qu'à 3600 Å.

III. Le liquide de Sauton, non ensemencé, a été examiné dans les mêmes conditions que les solutions précédentes. Parmi les deux bandes de l'asparagine, la seconde (4860-4600 Å) subsiste seule et elle est beaucoup plus faible qu'avec la solution à 4 pour 1000. Le seuil d'absorption est compris entre 3920 Å et 3550 Å. Par son aspect sur les diagrammes, il rappelle cependant celui du citrate de fer ammoniacal auquel il doit être vraisemblablement attribué. L'absorption totale qui se manifeste à partir de 3600 Å est évidemment due à la fois au citrate de fer et à l'asparagine.

IV. Lorsque le liquide de Sauton est cultivé en B. C. G., le spectre d'absorption évolue en fonction du temps comme l'indique le tableau suivant :

Durée de la culture.	Bande 5300-5170 Å.	Bande 4860-4600 Å.	Seuil précédant l'absorption totale.	Valeur du pH.
Sauton vierge......	–	très faible	3920-3550 Å	7,2
» 7 jours....	–	faible	4020-3650	–
» 14 »	–	assez forte	4080-3170	–
» 21 »	très faible	forte	4220-3850	7,6
» 28 »	–	faible	4020-3650	–
» 35 »	–	très faible	3990-3620	–
» 42 »	–	–	3950-3580	–
» 49 »	–	–	3920-3550	6

Ainsi les bandes caractéristiques de l'asparagine se développent progressivement et passent par un maximum vers le 21e jour de la culture. Cependant, elles restent alors nettement plus faibles que dans le cas de la solution aqueuse à 4 pour 1000. L'affaiblissement qui suit le maximum correspond réellement à un appauvrissement en asparagine, d'après les analyses chimiques.

D'autre part le seuil d'absorption se déplace de 300 Å vers les grandes longueurs d'onde au cours des trois premières semaines, ce qui peut correspondre, conformément aux observations de Hantzsch et Scharf (2), à l'éthérification d'acides libres. Au delà du 21e jour, on observe la régression du seuil vers le violet; la liqueur s'enrichit alors en acides libres, ainsi que le montre l'analyse chimique et aussi l'étude des variations du pH.

C'est d'ailleurs au 21e jour que le développement microbien est le plus actif; il y a déjà 8g,5 de microbes secs (pesés après 6 heures d'étuvage à 105° C.) par litre de Sauton et il se dégage du liquide de l'anhydride carbonique et de l'hydrogène sulfuré.

En résumé, les modifications du spectre d'absorption traduisent bien l'évolution chimique du liquide de Sauton ensemencé en B. C. G.

PHOTOCHIMIE. — *Production d'anhydride iodique par photoxydation d'iodures organiques; photoxydation de l'iodoforme et du tétraiodure de carbone solides.* Note de M. **Guy Emschwiller**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'étude des photoxydations des composés organiques apporte une contribution toute spéciale à la connaissance du mécanisme des réactions

(2) Citées par Mme P. Ramart-Lucas, *Traité de Chimie organique,* publié par V. Grignard, **11**, p. 120.

d'oxydation. En particulier les oxydations par voie photochimique pouvant être effectuées à basse température; on y peut déceler des produits qui auraient échappé, par suite de réactions thermiques secondaires, dans des oxydations réalisées en l'absence de lumière à des températures plus élevées. Ainsi j'ai pu mettre en évidence la production d'anhydride iodique par photoxydation d'iodures organiques. Ce phénomène apparaît général; je l'ai observé sur des dérivés monoiodés (iodures de méthyle et d'éthyle), diiodés (iodures de méthylène et d'éthylidène), triiodé (iodoforme), tétraiodé (tétraiodure de carbone).

Les conditions de la formation d'anhydride iodique, par photoxydation de l'iodure de méthylène, où les rendements sont les plus élevés, ont été précisées (¹). Cette étude a révélé que l'anhydride iodique n'est pas un produit primaire de photoxydation et, comme le formaldéhyde issu de la photoxydation de l'iodure de méthylène s'oxyde lui-même partiellement sous l'influence de la lumière, il était permis de se demander si la production d'anhydride iodique n'était pas une conséquence de cette réaction secondaire. Mais le fait que de l'anhydride iodique se forme aussi dans des cas où la photoxydation de l'iodure ne donne pas d'aldéhyde, cas de l'iodoforme et du tétraiodure de carbone, oblige à conclure que la production d'anhydride iodique est un phénomène lié à l'oxydation même de l'iodure.

Les solutions d'iodoforme sont très sensibles à la lumière en présence d'oxygène et, d'une étude antérieure, il résulte que la lumière ne fait qu'accélérer une réaction qui se produit déjà dans l'obscurité (²). J'ai reconnu l'absence d'acide iodique dans l'eau d'extraction de solutions benzéniques d'iodoforme éclairées en présence d'air. Par contre la photoxydation de l'iodoforme solide donne un peu d'anhydride iodique. Il n'est pas surprenant que les rendements en soient faibles, car il réagit à froid sur l'iodoforme. La réaction est immédiate si l'on dissout l'anhydride iodique et l'iodoforme dans un solvant commun, et ainsi se justifie l'absence totale d'anhydride iodique dans les solutions d'iodoforme photoxydées. Cependant l'iodoforme et l'anhydride iodique peuvent coexister à l'état solide, mais le système n'est pas stable et le mélange peut fuser brusquement.

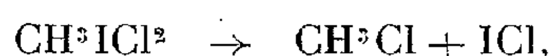
La photoxydation du tétraiodure de carbone solide est beaucoup plus

(¹) *Comptes rendus,* 206, 1938, p. 746.

(²) René Dubrisay et Guy Emschwiller, *Bull. Soc. Chim. France,* 2, 1935, p. 127.

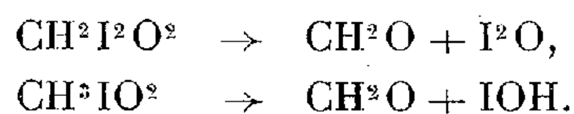
rapide que celle de l'iodoforme solide; il s'oxyde d'ailleurs déjà dans l'obscurité de telle sorte que la lumière ne joue qu'un rôle accélérateur. Mais tandis que l'oxydation dans l'obscurité ne produit pas d'anhydride iodique, j'ai caractérisé de façon indiscutable sa présence parmi les produits de la photoxydation, les rendements rapportés à l'iode total libéré étant un peu supérieurs à 2 pour 100. De plus si, au lieu d'irradier du tétraiodure de carbone enfermé dans un ballon en présence d'oxygène, on fait circuler de l'oxygène à débit rapide dans le ballon irradié renfermant l'iodure, on ne retrouve plus d'anhydride iodique parmi les produits de la photoxydation. Ces observations viennent corroborer celles faites pour l'iodure de méthylène et permettent d'établir non seulement que l'anhydride iodique n'est pas un produit primaire de la photoxydation des iodures, mais encore que la réaction qui lui donne naissance est favorisée par la lumière.

L'ensemble des résultats peut être interprété en supposant la formation, directe ou indirecte, de produits d'addition entre l'oxygène et l'iodure organique, tels que CH^3IO^2, $CH^2I^2O^2$, CHI^3O^2, CI^4O^2 etc., assimilables aux composés iodylés connus dans la série aromatique. De même que les dérivés d'addition des halogènes et des iodures acycliques, stables seulement aux très basses températures, se dissocient, par exemple CH^3ICl^2, suivant le schéma [3]



$$CH^3ICl^2 \rightarrow CH^3Cl + ICl,$$

de même se dissocieraient les produits d'addition de l'oxygène, l'oxygène, ainsi que le chlore, se partageant entre l'iode et le reste carboné de la molécule; on aurait par exemple



$$CH^2I^2O^2 \rightarrow CH^2O + I^2O,$$
$$CH^3IO^2 \rightarrow CH^2O + IOH.$$

L'anhydride ou l'acide hypoiodeux ainsi formés pourraient ensuite soit réagir sur l'iodure ou l'un des produits de son oxydation, soit s'oxyder en donnant finalement de l'anhydride ou de l'acide iodique, cette oxydation étant favorisée par la lumière. Les dérivés oxyiodés organiques ou minéraux seraient susceptibles d'intervenir comme catalyseurs d'oxydation.

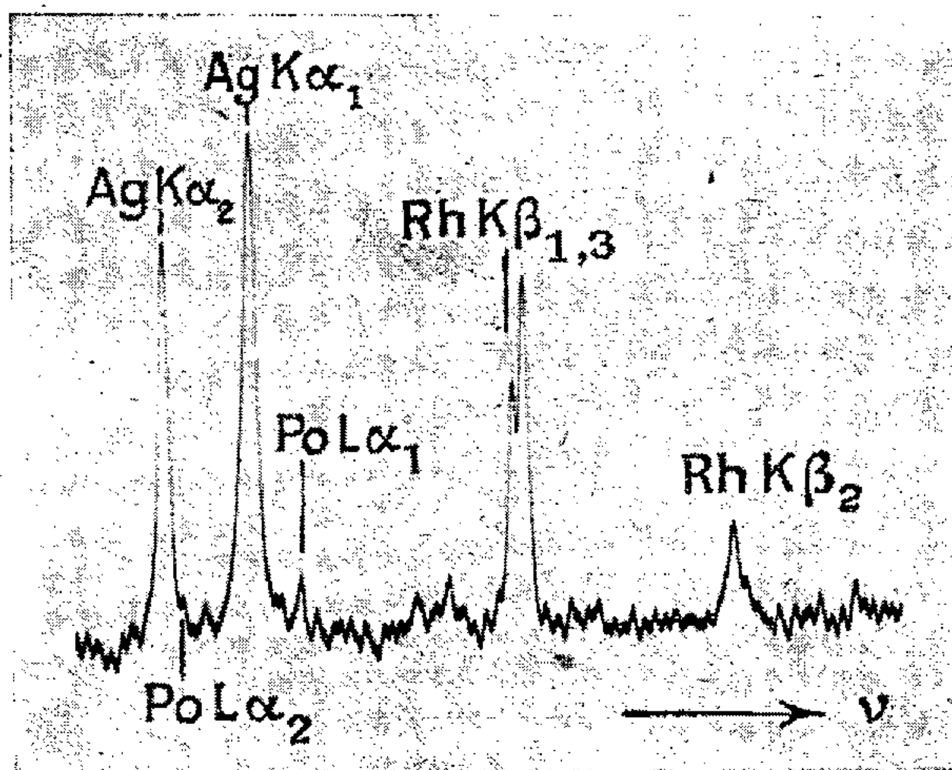
---

(3) JOHANNES THIELE et WILLI PETER, *Liebigs Ann.*, 369, 1909, p. 149.

RAYONS X. — *Détermination spectroscopique du numéro atomique du polonium.* Note [1] de M. **Horia Hulubei**, Mlle **Yvette Cauchois** et Mme **Sonia Cotelle**, transmise par M. Jean Perrin.

Nous donnons ici les premiers résultats d'un travail entrepris sur les spectres d'émission X du polonium. Il est important d'obtenir des renseignements spectroscopiques précis dans cette région du système périodique, où des essais sporadiques n'ont donné jusqu'à présent, à notre connaissance, que des informations qui ne peuvent être retenues.

Environ 4000 u. e. s. de polonium ont été déposées sur une anticathode de nickel par voie électrochimique. La surface couverte par le polonium était d'environ 10×7^{mm}. La tache focale électronique était de 4×1^{mm}, ce



Microphotogramme pour Po $L\alpha_1$ et Po $L\alpha_2$.

qui fait qu'environ 5.10^{-8} g. de polonium ont pu être efficacement excités dans ces premiers essais pour enregistrer les résultats mentionnés ci-après. Avec une anticathode appropriée, ces recherches pourraient certainement être de beaucoup facilitées.

L'analyse a été faite avec un spectrographe à focalisation, à mica courbé sous 40^{cm} de rayon, dans le premier ordre de réflexion ; la dispersion était d'environ 12,5 u. x./mm. Sur une anticathode fraîche et après une demi-

---

(1) Séance du 28 novembre 1938.

heure de pose à 5 milliampères et 40 kV les raies Lα du polonium étaient facilement mesurables. Après quelques heures de pose le tungstène évaporé du filament, même dans un bon vide, couvre la préparation de polonium d'une couche absorbante qui diminue beaucoup le rendement en rayonnement à analyser; aussi est-il préférable de déposer du polonium avant chaque enregistrement. Comme le polonium déposé électrochimiquement et couvert d'une pellicule protectrice de gomme laque n'est pratiquement pas chassé par les électrons, il n'y a que les pertes inhérentes aux manipulations qui entrent en ligne de compte, et l'on sait qu'elles peuvent être réduites à très peu de chose.

Malgré la petite quantité de polonium dont nous disposions et dans les conditions mentionnées, les raies les plus fortes du polonium ont été obtenues suffisamment nettes pour que l'on puisse en donner une première mesure.

PoLα_1. Cette raie est parfaitement mesurable après une demi-heure de pose. Nous l'avons identifiée par rapport au doublet AgKα deuxième ordre et mesurée avec précision en nous servant de AgKα_1, AgKα_2 (²), RhKβ_1, RhKβ_3 (³) en deuxième ordre.

Trouvé	1111,5₂
Prévu par la loi de Moseley à partir des raies du bismuth [*loc. cit.* (³)] et du radium (⁴) pour un élément de numéro atomique 84	1111,59

PoLα_2, déjà visible après une demi-heure de pose, mesurable après une heure d'exposition. Identifiée et mesurée par rapport aux mêmes références que PoLα_1.

Trouvé	1123,2₉
Prévu	1123,10

PoLβ_1. Malgré sa position dans une région de faible sensibilité de la plaque photographique (dans la discontinuité d'absorption K du brome) devient mesurable après une heure de pose.

Références SrKα_1,α_2; [*loc. cit.* (³)] SbKα_1, α_2 (⁵) (IIᵉ ordre).

Trouvé	919,₈₉
Prévu	919,79

(²) S. Elg, *Zeits. J. Phys.*, 106, 1937, p. 315.
(³) M. Siegbahn, *Spektroskopie des Röntgenstraklen 2 te. Aufl.*, Berlin, 1931.
(⁴) H. Hulubei, *Journ. de Phys.*, 7ᵉ série, 8, 1937, p. 260.
(⁵) E. Ingelstam, *Nova Acta Reg. Soc. Scient. Upsal.*, 4ᵉ série, 10, n° 5, 1936.

$PoL\beta_2$. Après une heure d'exposition la raie est assez visible pour permettre une première mesure :

Trouvé..	$927,_{44}$
Prévu...	$927,31$

Mêmes références que pour $PoL\beta_1$.

$PoL\gamma_1$ mesurable après une heure de pose :

Références $SrK\beta_{1,3}$, [*loc. cit.* (³)] $SbK\beta_{1,3}$ [*loc. cit.* (³)] (IIᵉ ordre).

Trouvé..	$785,_{86}$
Prévu...	$785,52$

Sur les spectres obtenus, dans les conditions citées, nous avons encore identifié $PoL\beta_4$, $PoL\beta_3$, $PoL\beta_6$, $PoL\gamma_6\gamma_3$, dont nous ne pouvons cependant donner une mesure satisfaisante. Le polonium employé montre encore, comme impuretés relevées dans la région spectrale explorée ici, Ag, Au, Te, As, Pb, Bi. Ag et Au doivent provenir des supports d'où le polonium utilisé a été récupéré.

Cette étude préliminaire montre que la détection des éléments par leurs spectres de rayons X peut être beaucoup plus fine qu'on ne le pensait. L'ensemble des émissions mentionnées ci-dessus est en parfaite concordance avec ce que l'on peut prévoir pour un élément de numéro atomique 84.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Lampes-tubes luminescentes fonctionnant sous les tensions usuelles de distribution.* Note de M. **André Claude**, présentée par M. Georges Claude.

J'ai poursuivi avec mes collaborateurs nos travaux sur les tubes à décharge électrique à gaz rares, à revêtement interne de matières luminescentes solides, en vue de leurs applications à l'éclairage [1] [2].

Jusqu'ici les rendements énergétiques élevés, de l'ordre de 50 lumens par watt dans la colonne positive, sont obtenus avec les tubes à gaz rares, mercure, sous faible pression de la vapeur de mercure. Les émissions spectrales, qui peuvent être nuancées à volonté, colorées ou *blanches* [2] [3],

(¹) Georges Claude, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1260.
(²) Georges Claude, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1203.
(³) Marcel Servigne, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1247.

sont essentiellement, comme l'a mis en évidence M. Marcel Servigne (4), des émissions de photoluminescence.

Les propriétés remarquables de ces tubes *fluorescents*, maintenant industriels, continuité et composition *réglable* du spectre, rendements élevés, longue durée, ne peuvent toutefois suffire pour réaliser une source de lumière pratique.

Je me suis assigné comme buts essentiels de rendre possible l'emploi de ces tubes sous les tensions usuelles, et de conserver pour leur alimentation la distribution actuelle à deux fils des lampes à incandescence.

Le problème ainsi posé entraîne entre les caractéristiques du tube et de l'appareillage d'allumage et de stabilisation des interdépendances que nous avons réussi à concilier. Nos travaux viennent en effet de nous conduire à la réalisation de lampes-tubes interchangeables, à électrodes auto-chauffantes, à haut rendement lumineux, de longue durée, fonctionnant sous les basses tensions usuelles et d'une grande simplicité d'emploi (5).

La tension de distribution étant de 110 volts alternatifs, par exemple, on choisit d'abord les caractéristiques générales de la lampe-tube, et de la bobine de réactance nécessaire à sa stabilisation, de manière que la tension aux bornes de la lampe-tube, en régime, soit *la plus élevée possible* pour les 110 volts d'alimentation; soit 60 à 70 volts. Un condensateur branché aux bornes de l'ensemble, tube-bobine, relève le facteur de puissance de 0,6 environ aux valeurs requises de 0,85 à 0,90. Mais le tube, s'il est *stable en régime* sous 110 volts, ne peut *s'amorcer* sous cette tension. En augmentant la tension, au moyen d'un dispositif d'allumage approprié, pour une intensité suffisante du courant le tube s'illumine *et* passe au régime d'arc. Généralement, avec la technique usuelle, cette tension et cette intensité d'amorçage en arc ont des valeurs élevées. Nous avons pu obtenir un abaissement notable, et extrêmement satisfaisant comme on va le voir, de ce *seuil* d'allumage grâce aux dimensions convenables des électrodes (quelques millimètres cubes pour un débit d'un quart d'ampère) et par ce qu'on peut appeler une *sensibilisation* de l'activation des électrodes (association choisie du métal support et du dépôt émissif,

---

(4) MARCEL SERVIGNE, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 581.

(5) Il convient de signaler les travaux remarquables du *Lamp development Laboratory of Nela Park* de la General Electric Company à Cleveland. Un procédé d'allumage de la lampe fluorescente consiste essentiellement à chauffer les électrodes. Voir notamment G. E. INMAN et R. N. THAYER, *Electrical Engineering*, 57, 6, 1938, p. 245.

traitements méthodiques par la chaleur et le vide). Avec ces électrodes, le rapport tension d'allumage/tension aux bornes en régime est ramené de la valeur habituelle de 4 environ à 2,5 environ.

Dans ces conditions, nos expériences sur l'amorçage, poursuivies en collaboration avec M. Bethenod, nous ont révélé qu'au moyen de branchements appropriés, commandés par un commutateur, les éléments constituant la réactance et la capacité, calculés les uns et les autres pour assurer un fonctionnement satisfaisant en régime, sont capables d'assurer à *eux-seuls* l'allumage du tube.

Les matières luminescentes utilisées pour le revêtement interne des tubes sont généralement des tungstates, ou des silicates *phosphorescents* dont les propriétés de persistance, à la température de régime, réduisent les effets stroboscopiques. Ces matières sont rendues stables, en présence de la vapeur de mercure, et au cours de la durée, en ajoutant, à l'état cristallisé, des corps minéraux à point de fusion élevé, transparents sous l'épaisseur d'emploi aux radiations d'excitation et d'émission (6).

Un des types de lampes-tubes que nous avons réalisés a les caractéristiques suivantes : Tension de distribution, 110 volts alternatifs. Régime, 0,250 ampère. Watts totaux, 15,90. Pertes dans l'appareillage, 2,58 watts. Cosφ, 0,88 à 0,90. En lumière blanche, le flux lumineux est de 500 lumens environ, soit un rendement de 31 lumens par watt, toutes pertes comprises. La brillance est de 0,125 stilb. La durée ne dépend pas physiquement, comme dans la lampe à incandescence, du rendement lumineux, et, pratiquement, elle est plus grande que celle des lampes à incandescence usuelles.

Une lampe-tube, du type ci-dessus, peut être alimentée sans dispositif spécial de commutation de l'appareillage sous des tensions de 190/220 volts. Dans ce cas, la distribution ne présente pas de différence avec celle des lampes à incandescence.

Nos recherches et nos essais ont été effectués sur plusieurs milliers de tubes, et ils ont pu être menés à bien grâce à la collaboration de MM. Lecorguillier, Lemaigre, Delrieu, Gomonet, Penon, Mea, Fagnon.

---

(6) Brevet français, n° 829.285, 18 novembre 1936.

THERMOCHIMIE. — *Sur une constante thermochimique et ses relations avec les valeurs énergétiques électroniques.* Note de M. **Marcus Brutzcus**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans mes Notes ([1]) antérieures sur la Thermochimie, une série de valeurs énergétiques des liaisons entre-atomiques des molécules et une série de valeurs d'excitations des atomes pour l'augmentation des valences ont été calculées. Les valeurs respectives pour d'autres éléments peuvent être calculées par les mêmes méthodes. A la considération de ces valeurs on observe que ces valeurs font approximativement un multiple d'une valeur constante qui correspond aux certaines valeurs énergétiques électroniques, ce que nous nous efforcerons à préciser dans cette Note.

Les valeurs suivantes ont été ou peuvent être calculées :

I. *Valeurs énergétiques des liaisons entre-atomiques hétéropolaires.*

Liaisons.	L_i(C—H) intr.	L_i(C—N).	L_i)C=S).	L_i(S=2H).	L_i(N—H).	L_i(Cl—H).	L_i(O=X).
Kcal...	167,7	80,6	173,0	169,0	83,0	170,2	228,3
$n \times X$..	3.55,9	1,5.52,4	3.57,7	3.56,3	1,5.55,3	3.56,7	4.57,1

Comme il a été démontré dans mes Notes précédentes, la double liaison de l'oxygène avec n'importe quel autre élément a une valeur de 228,3 Kcal.

II. *Valeurs énergétiques des liaisons entre-atomiques homopolaires.*

Liaisons...	L_i(C—C) intr.	L_i(O=O).	L_i(H—H).	L_i(S=S) intr.	L_i(Cl—Cl).	L_i(N≡N).
Kcal......	223,5	116,4	102,72	205,0	191,8	169,4
$n \times X$....	4.55,7	2.58,2	2.51,4	4.51,2	3,5.54,8	3.56,3

III. *Valeurs de l'excitation pour l'augmentation des valences.*

Excitations..	($C^o \to C''$).	($C'' \to C^{IV}$).	($S'' \to S^{IV}$).	($S^{IV} \to S^{VI}$).	($N^o \to N''$).	($N'' \to N^{IV}$).	($Cl' \to Cl^{IV}$).
Kcal.......	102,72	102,72	102,5	146,0	107,0	152,9	270,8
$n \times X$.....	2.51,36	2.51,36	2.51,25	3.48,7	2.53,5	3.51,0	5.54,2

On peut en conclure que toutes les valeurs des liaisons et d'excitation peuvent être formées en multipliant un chiffre qui se trouve environ entre 50 et 58 Kcal. par 1, 2, 3, ... ou 1,5, 2,5, 3,5, ... La théorie électro-

([1]) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 490, 574, 859, 1802; **205**, 1937, p. 660; **206**, 1938, p. 838, 1177, 1291, 1730.

nique permet d'établir la valeur exacte de cette constante et d'expliquer les petites déviations observées. Il faut d'ailleurs remarquer qu'une partie de ces déviations est due à des inexactitudes des valeurs expérimentales sur lesquelles les calculs des valeurs citées sont basés. D'après cette théorie le niveau énergétique des atomes dans les molécules est formé par les trois termes principaux suivants :

1° *Terme de transition des électrons d'une orbite quantique à l'autre.* — Pour la température ambiante (20°-25° C.) pour laquelle toutes nos valeurs thermochimiques sont seules valables, c'est à ce terme que sont dues presque entièrement les considérables valeurs énergétiques qui sont liées avec la formation ou avec la destruction des liaisons entre-atomiques et l'augmentation des valences des atomes.

Cette théorie détermine la quantité d'énergie à dépenser pour la transition d'un électron dans un atome neutre de l'orbite quantique première (K) à l'infini à $20{,}9 . 10^{-12}$ ergs, ce qui correspond en Kcal. pour mol-g d'un corps quelconque à

$$\underset{\text{Ergs.}}{20{,}9 . 10^{-12}} \times \underset{\text{Nombre d'Avogadro.}}{69{,}9 . 10^{22}} / \underset{\text{Équivalent thermique.}}{41\,830\,000} = 304{,}4 \text{ Kcal.}$$

En partant de ce chiffre on peut calculer la table suivante de valeurs énergétiques pour mol/g d'un corps en Kcal., qui sont liées avec la transition d'un électron dans chaque molécule d'une orbite quantique quelconque à l'infini ou à une autre orbite quantique dans le sens de l'éloignement du noyau avec le signe —, dans le sens inverse avec le signe +.

2° *Le terme de vibration des atomes* (sur l'axe qui joint le centre des atomes). — Comme on peut facilement comprendre, plus grande est cette vibration, plus facile est à détruire la liaison entre les atomes. A la température ambiante, la valeur énergétique de ce terme ne surpasse pas *quelques calories.*

3° *Le terme de rotation* (autour de deux axes perpendiculaires passant au centre des atomes). — Ce terme augmente (par inertie) l'énergie nécessaire pour la destruction des liaisons. La valeur énergétique de ce terme à la température ambiante ne surpasse pas *une calorie.*

I. K.	II. L.	III. M.	IV. N.	V. O.	VI. P.	VII. Q.
I → ∞	II → ∞	III → ∞	IV → ∞	V → ∞	VI → ∞	VII → ∞
−304,4	− 76,1	− 33,8	− 19,0	− 12,18	− 8,46	− 6,2
	I → II	I → III	I → IV	I → V	I → VI	I → VII
	−228,3	−270,6	−285,4	−292,2	−295,9	−298,2
		II → III	II → IV	II → V	II → VI	II → VII
		− 42,3	− 57,1	− 63,9	− 67,9	− 69,9
			III → IV	III → V	III → VI	III → VII
			− 14,8	− 21,6	− 25,3	− 27,6
				IV → V	IV → VI	IV → VII
				− 6,8	− 10,5	− 12,8
					V → VI	V → VII
					− 3,7	− 5,9
						VI → VII
						− 2,2

De la considération des valeurs citées ci-dessus, on peut conclure que la valeur de la constante cherchée (pour les périodes auxquelles les éléments envisagés appartiennent) est égale à 57,1 K cal.

Les valeurs énergétiques de toutes les liaisons entre-atomiques et les valeurs énergétiques de toutes les excitations des atomes pour l'augmentation des valences peuvent être formées par la multiplication de cette constante par 1, 2, 3, ... ou 1,5 2,5, 3,5, ... La valeur de cette constante correspond à la valeur énergétique qui est liée avec le passage d'un électron de l'orbite quantique L à l'orbite quantique N (orbite lumineuse pour les éléments cités) (II → IV) ou *vice versa*. Dans le cas où $n = 1{,}5$, 2,5, 3,5, ..., on peut aussi supposer l'existence d'un passage d'un électron (III → VII). Les petites déviations observées, si elles ne sont pas dues aux inexactitudes, sont provoquées par le jeu des termes de vibration et de rotation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une nouvelle forme de stéréoisomérie et une forme inconnue de glycocolle. Essai d'interprétation théorique.* Note de M. **Rudolf Engeland**, présentée par M. Paul Langevin.

Le point de départ de cette Note est le fait que, grâce à un traitement particulièrement ménagé des produits d'hydrolyse de l'élastine, j'ai réussi à isoler un sel de cuivre du glycocolle qui diffère entièrement du sel de cuivre connu jusqu'ici. En dehors de leur couleur et de leur forme cristal-

line, les cristaux de ce sel présentent encore une autre particularité : leur eau de cristallisation, tout comme celle des cristaux du sel de cuivre de l'alanine, optiquement active, peut facilement être chassée à 100° C. environ déjà, tandis que, dans le cas du sel de cuivre du glycocolle connu, ce phénomène ne se produit qu'à des températures bien supérieures. En amorçant une solution du sel en question avec un cristal du sel ordinaire, notre sel se transforme brusquement en sel ordinaire, tandis que la transformation inverse ne peut pas être réalisée.

On pourrait interpréter cette forme étrange d'isomérie par analogie avec l'isomérie *cis-trans*, en admettant que les groupements amine et carboxyle sont liés : à la fois par l'intermédiaire du groupe CH^2 et par l'affinité électrique.

Cependant il est très peu vraisemblable que des antipodes stériques ainsi formés soient stables, et l'on pouvait prévoir qu'ils seraient racémisés par un simple changement de la réaction du solvant. C'est pourquoi une explication différente du phénomène en question me semble plus acceptable. Cette explication se base sur l'existence, dans le groupe méthylénique des molécules considérées, des deux formes d'hydrogène, l'ortho- et le parahydrogène. On aurait ainsi deux groupes différents, l'orthométhylénique et le paraméthylénique. Si le groupe CH^2 fait partie d'une chaîne non symétrique, comme cela a lieu pour le glycocolle, il en résulte, par suite des groupes ortho- et paraméthylénique, quatre nouveaux isomères, les deux isomères *ortho* et les deux isomères *para*. En outre, on peut admettre que, tandis que les isomères *ortho* sont très instables, les deux isomères *para* sont au contraire très stables, étant identiques du point de vue thermodynamique. Cette condition n'est plus remplie quand deux molécules sont réunies, un cas qui est réalisé dans le sel du cuivre. Celui-ci doit donc montrer des différences essentielles dans les qualités physiques de ses deux formes, et l'on peut s'attendre à une instabilité de la forme pure.

Pour la molécule d'un ion mixte possédant un atome de carbone asymétrique, interposé entre les deux constituants on peut s'attendre, selon les explications données ci-dessus, à quatre isomères optiquement actifs : une paire de formes racémiques de qualités physiques peu différentes, l'une de l'autre, d'une part; et une paire optiquement active d'autre part, qui peut se former par une racémisation des formes correspondantes, optiquement actives. En plus on devait s'attendre à une troisième forme racémique, la forme racémique totale, correspondant au maximum d'entropie et ayant des qualités physiques essentiellement différentes.

Il y a des observations correspondantes relevées par MM. Tonnta et Y. Sendja (*Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiologische Chemie*, 169, p. 263. et suiv.) sur l'acide β-oxy γ-aminobutyrique et ses dérivés, en particulier la bétaïne, connue depuis longtemps sous le nom de carnitine, en tant que produit d'extraction des muscles. On a trouvé deux paires différentes, optiquement actives, dont les qualités physiques ne diffèrent que peu. On a également trouvé un produit inactif de la carnitine, provenant de l'extraction des muscles et identifiée sous forme de chloroaurate. Celui-ci a le même point de fusion que les formes optiquement actives, tandis que le chloroaurate synthétique de ce corps, obtenu par méthylation de l'acide aminé correspondant, a un point de fusion plus élevé (30° environ). Le chlorure du même corps est bien cristallisable, non hygroscopique et peu soluble dans l'alcool éthylique, tandis que les chlorures des corps optiquement actifs sont hygroscopiques et bien solubles dans alcool éthylique (observations faites par moi-même).

Les considérations présentes pourraient être appliquées à l'explication de certains phénomènes incompréhensibles jusqu'ici. Par exemple, pour expliquer l'existence d'un nombre de dérivés plus élevé que deux chez des corps à liaison double éthylénique dans une molécule non symétrique (acide cinnamique), étant donné que le groupe $-CH=CH-$ peut exister dans les formes *ortho* et *para*. Plus encore, on pense forcément aux phénomènes réunis sous la formule de polymorphisme qui est particulièrement bien étudié avec les acides gras. Le nombre de formes relativement stables, découvertes par Piper, Malkin et Austin [1], correspond à celui qu'il fallait prévoir d'après les considérations théoriques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur deux nouveaux acides molybdiques.* Note de M. **Victor Auger**, présentée par M. Auguste Béhal.

Acide molybdique orangé MoO^4H^2. — Un mélange de solution chlorhydrique de MoO^3, de D 1,5 à 1,6 [1] avec quatre volumes de NO^3H à 40°Bé, est maintenu à une température de 35° à 45°, dans un gobelet de verre recouvert d'un verre de montre. Au bout de quelques jours, et dès que la plus grande partie de ClH est oxydée, on voit se former, adhérant à la paroi,

(1) *J. Chem. Soc.*, 129, 1926, p. 2310.

(1) V. Auger, *Comptes rendus*, 206. 1938, p. 213.

une croûte cristalline de couleur orangée, formée de petits cristaux agglomérés, dont la quantité augmente pendant trois semaines environ. Après avoir décanté l'eau mère nitrique, on lave le produit à l'eau froide et le dessèche vers 40°.

L'analyse y montre la présence de quantités, variables mais toujours très faibles, d'acide nitrique et de chlore, de l'ordre de 0,5 pour 100 environ. Le dosage de l'eau par calcination modérée, a donné une moyenne de 11,2 pour 100 avec des écarts de —0,1 à +0,2 pour 100, en opérant sur quatre échantillons provenant de préparations différentes. La formule MoO^4H^2 exigeant 11,11 pour 100 d'eau, il ne peut y avoir de doute sur la formule de cet hydrate. Il est constitué par des cristaux microscopiques transparents jaunes, prismatiques, fortement agglomérés en rognons orangé foncé; il représente certainement une forme labile, car il se transforme facilement en MoO^4H^2 blanc sous diverses influences, et le plus facilement par l'action de l'eau acidulée faiblement par ClH, à froid, et en présence de germes d'hydrate blanc. L'eau pure à chaud opère la même transformation, aussi nous avons trouvé inutile d'essayer d'établir une courbe de solubilité. La solution incolore ne laisse jamais déposer de cristaux par refroidissement : évaporée à douce température elle se comporte exactement comme celle du dihydrate jaune et laisse un résidu formé de lamelles colloïdales de MoO^3 contenant environ 2 pour 100 d'eau.

La déshydratation débute vers 85°; à 115° le produit ne contient plus que 1 pour 100 d'eau. Au cours de la première étude qui fut faite sur le dihydrate jaune, F. Parmentier (¹) observa qu'à froid dans une atmosphère sèche, ce produit fonce en couleur et perd 1^{mol}-d'eau qu'il ne reprend pas à l'air humide. L'étude fut poursuivie par Rosenheim et Bertheim (²), puis par Hüttig et Kurre (³), mais il semble bien qu'aucun d'entre eux n'ait songé à considérer le produit formé comme une espèce chimique distincte, aussi n'a-t-il pas trouvé sa place naturelle dans la monographie du molybdène du *Gmelin's Handbuch* (⁴).

A première vue ce produit semble très différent de l'hydrate orangé décrit plus haut, tant à cause de la coloration que de l'aspect cristallin, mais à l'état pulvérulent la couleur est la même. Le tableau de déshydra-

(¹) *Comptes rendus*, 95, 1882, p. 839.
(²) *Zeit. anorg. Ch.*, 34, 1903, p. 430.
(³) *Zeit. anorg. Ch.*, 126, 1923, p. 170.
(⁴) *Gmelin's Handbuch d. anorg. Ch., Molybdène*, 53, 1935, p. 107 et 109.

tation par la chaleur est à peu près identique; la transformation en monohydrate blanc s'opère de la même manière, mais l'identification incontestable de ces deux produits a lieu par l'examen aux rayons X; les spectres Debye-Scherrer sont les mêmes.

Il serait intéressant de comparer cet hydrate avec l'acide tungstique jaune WO^4H^2, mais les données actuelles sont insuffisantes.

Acide pyromolybdique $Mo^2O^7H^2$. — Au cours d'un certain nombre d'expériences où nous avions hydrolysé vers 80 pour 100 et au-dessus, la solution chlorhydrique de MoO^3 diluée, le produit déposé, cristallisé en aiguilles fines, donnait à l'analyse des teneurs en eau notablement inférieures à une molécule (11,11 pour 100). Pour nous rendre bien compte de cette déshydratation nous avons chauffé de l'hydrate blanc, en suspension dans ClH dilué, à des températures allant de 60° à 100° et nous avons constaté qu'au-dessus de 80° le monohydrate augmentait considérablement de volume apparent (de 1 à 3 environ), et que les cristaux nettement prismatiques se transformaient en une masse de fines aiguilles feutrées. Après lavage et dessiccation à 40° on trouve à la calcination une perte de poids variant de 5,85 à 6 pour 100; la formule $Mo^2O^7H^2$ exige 5,88. Voici les conditions de travail qui permettent d'obtenir le produit pur avec de bons rendements : on chauffe à 90°-95°, pendant 3 jours, une partie de monohydrate avec 10 parties d'un mélange de 1 vol. de ClH concentré et 4 vol. d'eau; le produit obtenu est plus ou moins teinté de bleu par une légère réduction; on évite dès le début cet inconvénient en ajoutant au mélange quelques gouttes de NO^3H. Le rendement est d'environ 70 pour 100.

La solubilité du pyrohydrate dans l'eau est très faible et de l'ordre de celle de l'anhydride molybdique; la solution limpide, évaporée vers 40°-45°, laisse déposer des lamelles colloïdales transparentes, comme le font toutes les solutions aqueuses de MoO^3 et de ses hydrates. Ces caractères ne permettraient pas de distinguer le pyrohydrate d'un mélange de MoO^3 et de MoO^4H^2 blanc, si nous ne pouvions apporter deux preuves de son existence en tant qu'espèce chimique bien définie; 1° la déshydratation ne commence qu'au-dessus de 190°, c'est-à-dire à plus de 70° au-dessus de celle du monohydrate; elle est terminée à 220°; 2° l'examen aux rayons X fournit un spectre Debye-Scherrer très nettement différent de celui de MoO^3 et de MoO^4H^2. Une étude plus approfondie permettra sans doute de noter d'autres différences, notamment au point de vue de la résistance aux actions hydrolytiques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les combinaisons du nitrate de zinc et des nitrates alcalins.* Note [1] de M. **Robert Chauvenet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Je me suis proposé de mettre en évidence les combinaisons susceptibles d'être formées en solution concentrée par le nitrate de zinc et les nitrates alcalins, y compris celui d'ammonium. Dans ce but j'ai utilisé les trois méthodes : chaleur de mélange, densité, indice de réfraction; en ce qui concerne ces deux dernières méthodes j'ai calculé d'une part les différences entre les densités théoriques et les densités expérimentales des solutions, et d'autre part les écarts entre les indices de réfraction calculés et trouvés des mêmes solutions. Les résultats ont été représentés par un graphique dont les coordonnées sont la composition des solutions et les écarts calculés.

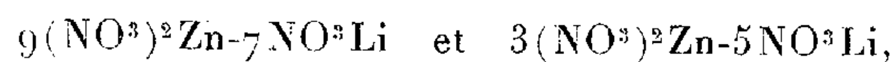
Les tableaux suivants résument les mesures que j'ai faites. Le titre de toutes les solutions est 2N, sauf celui du nitrate de Cs qui est 0,607N et celui du nitrate de Rb qui est 1,35N.

Solutions.	Chaleur spécifique.	Densité à 15°.	Indice de réfraction à 14°.
$(NO^3)^2Zn$ (sol. 2N)........	0,717	1,288	1,3839
$(NO^3)^2Zn$ (sol. 0,607N).....	0,813	1,098	1,3520
$(NO^3)^2Zn$ (sol. 1,35N)......	0,782	1,214	1,3710
NO^3Li (sol. 2N)...........	0,785	1,201	1,3790
NO^3Na (sol. 2N)...........	0,859	1,108	1,3510
NO^3K (sol. 2N)...........	0,790	1,121	1,3513
NO^3Cs (sol. 0,607N).......	0,892	1,079	1,3415
NO^3Rb (sol. 1,35N)........	0,859	1,128	1,3465
NO^3NH^4 (sol. 2N).........	1,475	1,366	1,3530

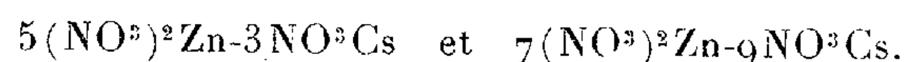
Mélanges en volumes.		*Système* $(NO^3)^2Zn$-NO^3Li. Effets thermiques.	d_t-d_c.	n_t-n_c.	*Système* $(NO^3)^2Zn$-NO^3Cs[11]. Effets thermiques.	d_t-d_c.	n_t-n_c.
cm³	cm³						
30	10......	2,38	0,021	+0,0013	3,84	+0,007	−0,0003
25	15......	3,17	0,023	+0,0002	4,65	+0,002	+0,0004
22,5	17,5....	3,43	0,019	+0,0001	3,89	–	−0,0004
20	20......	2,21	0,056	+0,0036	3,36	+0,013	+0,0003
17,5	22,5....	1,59	0,037	+0,0030	6,28	+0,001	+0,0001
15	25......	3,95	0,016	−0,0007	5,51	+0,012	+0,0003
12,5	27,5....	3,17	0,022	+0,0016	3,95	+0,009	0
10	30......	2,78	0,044	−0,0002	3,82	+0,012	−0,0002

[1] Séance du 5 décembre 1938.

Les courbes présentent pour le premier système deux maxima


$9(NO^3)^2Zn\text{-}7NO^3Li$ et $3(NO^3)^2Zn\text{-}5NO^3Li$,

pour le deuxième système deux maxima


$5(NO^3)^2Zn\text{-}3NO^3Cs$ et $7(NO^3)^2Zn\text{-}9NO^3Cs$.

Système $(NO^3)^2Zn\text{-}NO^3Na$. — *Système* $(NO^3)^2Zn\text{-}NO^3K$.

Mélanges en volumes.		Système Zn-Na: Effets thermiques.	$d_t\text{-}d_c$.	$n_t\text{-}n_c$.	Système Zn-K: Effets thermiques.	$d_t\text{-}d_c$.	$n_t\text{-}n_c$.
cm³	cm³						
250	50....	72,99	−0,0098	−0,0009	147,00	−0,009	+0,0006
200	100....	93,95	+0,0047	0,0002	244,04	+0,006	+0,0007
175	125....	102,48	−0,0100	+0,0007	268,16	+0,006	+0,0006
150	150....	108,35	+0,0065	0,0003	280,72	+0,006	+0,0006
125	175....	97,31	–	–	268,56	+0,005	+0,0005
100	200....	91,78	+0,0028	0	187,72	+0,006	+0,0007
75	225....	78,63	+0,0022	−0,0015	195,66	+0,005	−0,0011

Les courbes présentent pour un système Zn-Na un maximum correspondant au mélange $(NO^3)^2Zn\text{-}NO^3Na$ et pour le système Zn-K deux maxima correspondant à $(NO^3)^2Zn\text{-}NO^3K$ et $(NO^3)^2Zn\text{-}3NO^3K$.

Système $(NO^3)^2Zn—NO^3Rb$.

Mélanges en volumes (en cm³).		Effets thermiques.	$d_t — d_c$.	$n_t — n_c$
27,50	7,50.......	12,85	0,0118	–
22,5	12,50.......	17,89	0,0100	0,0005
20	15..........	27,78	0,0095	0,0006
17,50	17,50.......	18,98	0,0075	0,0002
15	20..........	20,12	0,0010	0,0004
12,50	22,50.......	18,61	0,0024	0,0003
10	25..........	16,58	0,0080	0,0001

Les courbes présentent deux maxima, pour le mélange $4(NO^3)^2Zn—3NO^3Rb$ et $3(NO^3)^2Zn—4NO^3Rb$.

Système $(NO^3)^2Zn—NO^3NH^4$.

Mélanges en volumes (en cm³).		Effets thermiques.	$d_t — d_c$.	$n_t — n_c$.
250	50..........	152,13	+0,021	+0,0017
200	100..........	265,58	+0,020	0,0024
175	125..........	282,64	+0,008	0,0019
150	150..........	291,91	−0,044	0,0022
100	200..........	282,90	+0,010	0,0060
75	225..........	230,21	+0,008	0,0003
50	250..........	181,79	+0,005	0,0009

Les courbes présentent un maximum pour le mélange $(NO^3)^2Zn—NO^3NH^4$.

Je me propose d'isoler les combinaisons annoncées sur les graphiques construits avec les données des tableaux précédents.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le système iode-vanadium : diiodure et triiodure de vanadium.* Note de M. **André Morette**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les combinaisons du vanadium et de l'iode sont encore très imparfaitement connues. Par l'action de l'acide iodhydrique sur l'anhydride vanadique en milieu aqueux, puis réduction électrolytique et concentration à 0° C., Piccini et Brizzi (1) ont signalé un triiodure hydraté $I^3V, 6OH^2$. D'autre part, A. E. van Arkel (2) a, dans ses travaux sur la préparation des métaux par dissociation de leurs composés binaires, indiqué comme probable la formation d'un iodure faiblement volatil I^3V ou I^2V. Ce sont là les seules indications existant à notre connaissance sur le système iode-vanadium et, en fait, aucun iodure de vanadium anhydre n'a été décrit jusqu'ici.

Ayant constaté que, dans un tube où le vide a été préalablement établi, la vapeur d'iode réagit avec incandescence sur le vanadium (3) à 400°, nous avons étudié les conditions dans lesquelles on parvient à un iodure défini. Les mélanges des deux corps simples ont été chauffés dans des tubes de verre dur, ou de silice selon la température envisagée, scellés sous vide; l'iode en excès, s'il y avait lieu, était éliminé par sublimation.

Les faits observés sont les suivants. Sous la pression de sa propre vapeur, l'iode se combine au vanadium au-dessus de 150°C. en donnant, même en présence d'un excès de métal, le triiodure I^3V. Nous n'avons constaté ni la fusion, ni la volatilisation de celui-ci au-dessous de 280°, mais il subit, dans le vide dès cette température, une décomposition en iode et diiodure I^2V; cette dissociation est pratiquement complète après 24 heures à 400°. Chauffé à 300° en présence d'un excès d'iode, sous la pression de vapeur de ce corps, ce dernier composé se transforme en triiodure par la réaction inverse de celle qui lui a donné naissance. Le diiodure de vanadium se sublime dans le vide, entre 750° et 800°, mais sa tension de vapeur reste assez faible pour qu'une grande partie, au lieu de se volatiliser, se dissocie

(1) Piccini et Brizzi, *Z. anorg. Chem.*, 19, 1899, p. 398.

(2) A. E. van Arkel, *Metallwirtschaft*, 13, 1934, p. 407.

(3) A. Morette, *Thèse Sciences*, Paris, 1937.

à son tour, à partir de 1000°, avec libération d'iode et production d'un dépôt de vanadium métallique sur les parois du tube.

Diiodure de vanadium. — Ce composé forme des lamelles micacées violet rose, hexagonales, de densité $D_{0°} = 5,0 \pm 0,1$. Difficilement mouillé par l'eau, il fournit lentement avec celle-ci une solution violette; à l'air, cette liqueur prend une teinte marron par suite d'une oxydation partielle. Cet iodure est insoluble dans l'alcool absolu, le benzène, le tétrachlorure de carbone, le sulfure de carbone. Chauffé dans l'oxygène pur, il est attaqué par ce métalloïde à partir de 130°; l'oxydation complète, à 500°, aboutit à l'élimination totale de l'iode et à la production quantitative d'anhydride vanadique. Avec l'hydrogène sulfuré, vers 650°, le diiodure de vanadium se transforme en trisulfure S^3V^2. Dans la vapeur de phosphore, vers la même température, il fournit (³) le phosphure de vanadium PV.

Son analyse, effectuée par oxydation dans un courant d'air et pesée de l'iode et de l'anhydride vanadique formés, nous a donné les résultats ci-après :

	I.	II.	Théorie pour I^2V.
Iode		82,4	83,28
Vanadium	16,6	16,67	16,72

Triiodure de vanadium. — Le triiodure se présente sous l'aspect d'une poudre cristalline brun noir, fortement hygroscopique, de densité $D_{0°} = 4,2 \pm 0,1$. L'eau le dissout très facilement; la solution, de couleur marron, exposée à l'air vire peu à peu au vert, et cette évolution est accélérée par la lumière. Ce composé est soluble dans l'alcool absolu, insoluble dans le benzène, le tétrachlorure de carbone, le sulfure de carbone. Le chlore l'attaque dès la température ordinaire; à 350°, il y a incandescence et transformation finale en trichlorure d'iode et tétrachlorure de vanadium. L'oxygène produit à partir de 125° une oxydation avec libération d'iode. Il donne une solution marron avec l'ammoniac liquide. Ses solutions aqueuse et alcoolique sont susceptibles de fournir des précipités avec les solutions de divers composés organiques tels que l'antipyrine et le sulfate de quinine.

La composition du triiodure de vanadium a été établie en déterminant, dans la solution aqueuse, l'iode par dosage pondéral et le vanadium par volumétrie :

	I.	II.	Théorie pour I^3V.
Iode	88,0	88,2	88,18
Vanadium	11,9	11,84	11,82

En résumé, nous avons pu établir nettement l'existence de deux iodures de vanadium, le diiodure I^2V et le triiodure I^3V et fait connaître quelques-unes de leurs propriétés.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation du sulfure de sodium anhydre.* Note de M. **Gaston Courtois**, présentée par M. Paul Lebeau.

Un procédé pratique de préparation du sulfure de sodium anhydre est basé sur la déshydratation par la chaleur de l'hydrate SNa^2, $9OH^2$ (1) ou de l'hydrate SNa^2, $5OH^2$ (2) dans un courant d'hydrogène ou d'azote. Les sulfures ainsi obtenus contiennent une proportion notable d'impuretés et titrent au maximum 96,5 pour 100 SNa^2.

La préparation du sulfure de sodium anhydre pur aurait été réalisée par divers auteurs (3), mais les méthodes préconisées constituent des opérations délicates ne pouvant fournir que de petites quantités de sulfure de sodium anhydre. Il en résulte que nos connaissances sur les propriétés de cet important composé binaire sont très imprécises.

Au cours de l'étude de la déshydratation du monosulfure SNa^2, $9OH^2$ dans le vide sulfurique ou phosphorique, nous avons reconnu qu'il était possible d'atteindre, après un séjour d'une quinzaine de jours, d'abord vers 15°, puis vers 30-35°, une déshydratation presque complète du sel, conduisant à un produit retenant seulement 4 pour 100 d'eau. Ce dernier peut être totalement privé d'eau par chauffe dans un courant rapide d'hydrogène pur et sec jusqu'à 700°, ce qui entraîne la décomposition des petites quantités de sulfure acide SHNa qu'il contient encore, ainsi que la réduction des traces de sulfite ayant pu résulter de l'oxydation du sulfure à l'air au cours des manipulations. Les récipients de verre ou de porcelaine ne sont plus attaqués même si la température s'élève jusqu'à 800°. Le sulfure anhydre formé est sensiblement pur et titre de 99,5 à 99,8 pour 100 de SNa^2.

Le sulfure de sodium anhydre SNa^2 se présente sous la forme de grains blancs, se contractant considérablement sans fusion, et se teintant à peine en rose quand on les chauffe vers 750-800° dans le vide ou dans un courant d'hydrogène ou d'azote secs.

---

(1) Sabatier, *Ann. Chim. Phys.*, 22, 1881, p. 15.

(2) Tiede et Reinicke, *Ber. d. chem. Ges.*, 56, 1923, p. 666.

(3) Hugot, *Ann. Chim. Phys.*, 21, 1900, p. 69; Rengade et Costeanu, *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 791; Thomas et Rule, *J. Chem. Soc.*, 103, 1913, p. 871.

Contrairement à ce qu'avait observé Rengade, le sulfure de sodium anhydre ne se dissocie pas dans le vide sous l'action de la chaleur, mais se volatilise très lentement au-dessus de 800°. Chauffé dans le vide, dans une nacelle de graphite, il fond vers 1180°±10° sans décomposition, c'est-à-dire à une température beaucoup plus élevée qu'on le supposait jusqu'ici [4], en donnant par refroidissement une masse à cassure cristalline légèrement colorée en rose. A la fusion, l'argent, l'or, le platine sont attaqués, alors que le charbon de cornue et le graphite sont sensiblement sans action.

Il ne s'altère pas à la température ordinaire au sein de l'air ou de l'oxygène secs, mais il s'oxyde facilement au contact de l'air humide en se délitant et en se transformant, avec perte d'acide sulfhydrique, en un mélange de sulfite, hyposulfite et carbonate de sodium hydratés, ne renfermant pas de sulfate.

Le sulfure anhydre se dissout dans l'eau avec un dégagement de chaleur intense. D'après nos déterminations, la quantité de chaleur dégagée par molécule-gramme est, dans cette circonstance, de $+15^{Cal},6$. Malgré l'élévation de température observée au cours de cette action de l'eau, il ne se manifeste pas d'oxydation, tout au moins jusqu'à la concentration de 15 pour 100. La solution aqueuse incolore, concentrée à l'abri de l'air, abandonne par cristallisation vers 20° l'hydrate ordinaire SNa^2, $9\,OH^2$ parfaitement pur.

En résumé, la déshydratation du monosulfure de sodium hydraté à $9\,OH^2$, effectuée dans des conditions bien précisées, nous a permis de préparer le monosulfure de sodium anhydre titrant 99,8 pour 100 de SNa^2, fusible dans le vide à 1180°.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Étude sur le mécanisme de l'extinction sèche par les poussières. Nitrate, chlorate, perchlorate de potassium et autres corps comburants comme extincteurs de flammes.* Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Manuel German**, présentée par M. Marcel Delépine.

On explique couramment l'action des extincteurs par des mécanismes impliquant des actions massives sur la combustion, sans aucun effet spécifique. Pour les poussières, en particulier, on admet qu'elles agissent soit par inertie mécanique, en isolant le combustible, soit par inertie calori-

(4) Rengade et Costeanu, *loc. cit.*; Thomas et Rule, *loc. cit.*

fique, en refroidissant le foyer, soit par inertie chimique en noyant la flamme de gaz inertes, généralement l'eau ou le gaz carbonique.

Certes l'isolement, le refroidissement et la dilution des gaz sont des facteurs favorables à l'extinction, mais il ne faudrait pas s'exagérer leur influence. C'est ainsi que l'on réalise des combustions avec l'air liquide, ou bien au sein de l'eau, même sous pression, c'est-à-dire dans les conditions de refroidissement les plus puissantes que l'on sache réaliser pratiquement. De même, comme nous l'avons montré antérieurement avec M. Le Bras (1937), la dilution exige des doses élevées de gaz inertes pour être efficace.

Au vrai, les poussières les plus actives, comme celle de bicarbonate de sodium, éteignent les flammes à des doses où leur pouvoir refroidissant ou couvrant n'entre en compte que pour très peu; aussi considérait-on qu'elles agissaient par dégagement de gaz inerte.

Cette explication et même une décomposition intensive du bicarbonate de sodium au contact de la flamme, ont été souvent contestées, entre autres par Gentsch (1925), car le corps n'a pas le temps de se décomposer complètement au contact de la flamme. En fait le bicarbonate de potassium, quoique plus résistant à la chaleur, est efficace à plus faible dose que le bicarbonate de sodium. Il semble ainsi que ce serait le produit intact qui jouirait d'un pouvoir extincteur spécifique, indépendant du gaz dégagé par chauffage.

Pour renforcer cette opinion, nous allons établir que l'on peut éteindre avec des poussières qui, si elles étaient notablement décomposées au contact de la flamme, devraient la renforcer au lieu de la détruire. Ces poussières sont celles de nitrate, chlorate, perchlorate de potassium et autres corps comburants. Nous leur avons comparé, en même temps que des corps chimiquement inertes (talc, sulfate de sodium anhydre), des corps susceptibles de dégager du gaz carbonique ou de l'eau à des températures plus ou moins basses (bicarbonates de sodium et de potassium, borate et sulfate de sodium hydratés).

Dans l'axe d'un manchon en verre pyrex, on dispose un brûleur alimenté par le gaz ou éventuellement la vapeur combustible à éteindre. Une tuyère amène au bas du manchon de l'air à une vitesse suffisante pour l'entraînement des poussières, mais sans effet de soufflage appréciable sur la flamme. Enfin un piston latéral permet de projeter, à la vitesse voulue, une dose connue de poussière dans le courant d'air.

Les chiffres comparatifs du tableau ne sont valables en toute rigueur que pour un mode opératoire bien défini, mais renseignent avec sécurité sur l'ordre de grandeur des différences d'activités.

Corps essayés.	Décomposition. Température.	Produits formés.	Doses extinctrices minima en mg (a). Hydrogène.	Gaz d'éclairage.	Méthane.	Oxyde de carbone (b).
CO^3NaH........	100° en 10 h.	$CO^3Na^2 + H^2O + CO^2$	700	450	100	300
CO^3KH.........	170° en 10 h.	$CO^3K^2 + H^2O + CO^2$	250	100	–	30
ClO^3K..........	350°	$KCl + O^2$	++ (c)	++	50	5
ClO^3Na.........	370°	$NaCl + O^2$	++	++	150	50
ClO^4K..........	400°	$KCl + O^2$	++	++	80	30
NO^3K...........	500°	surtout NO^2	450	100	15	8
NO^3Na..........	480°	surtout NO^2	550	250	50	40
Talc............	>1000°	–	>800	>800	>800	>800
$B^4O^7Na^2, 10H^2O$.	dès 50°	$B^4O^7Na^2 2H^2O + 8H^2O$	>600	300	150	+
$SO^4Na^2, 10H^2O$...	<20°	$SO^4Na^2 + 10H^2O$	>800	>800	200	+
SO^4Na^2 anhydre..	1200°	–	>600	>600	600	500

(a). Les chiffres donnés correspondent approximativement à la concentration en milligrammes par litre calculée pour une répartition uniforme.

(b). L'oxyde de carbone utilisé a une teneur en eau constante, très peu inférieure à la saturation à 20° qui est de 2,24 pour 100.

(c). Les signes ++ et + indiquent que la flamme est plus ou moins avivée (pour n'importe quelle dose de poudre). Le signe > indique que la flamme semble gênée par la plus grande quantité de poudre que nous puissions envoyer dans notre appareil, sans toutefois être éteinte.

De l'ensemble des données se dégagent les conclusions très nettes que voici :

1° Les comburants les plus sensibles à la chaleur (chlorates de potassium et de sodium, perchlorate de potassium) se comportent soit comme activeurs de la combustion (flammes d'hydrogène et de gaz d'éclairage), soit comme extincteurs (flammes de méthane et d'oxyde de carbone), suivant que la flamme est plus ou moins chaude.

2° Les comburants peu sensibles à la chaleur (nitrates de potassium et de sodium) éteignent toutes les flammes essayées.

3° Des comburants, c'est-à-dire des inducteurs de combustion, comme les nitrates, chlorates et perchlorates de potassium et de sodium, arrivent à mieux éteindre les flammes que des corps inertes, même ceux qui peuvent dégager à chaud des gaz extincteurs, comme le bicarbonate, le borate ou le sulfate de sodium hydraté : par exemple le nitrate de potassium est, suivant la flamme, de deux à quarante fois plus actif que le bicarbonate de sodium, le plus réputé des extincteurs pulvérulents connus.

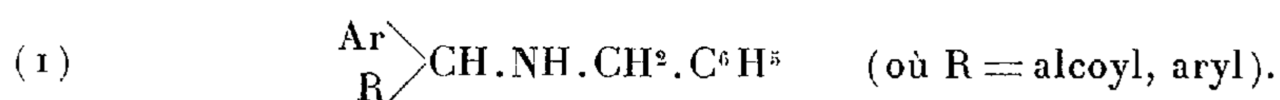
Nous estimons que ces expériences démontrent l'existence d'un pouvoir extincteur spécifique, ne devant rien à une action mécanique ou chimique massive, mais relevant, au contraire, de la catalyse antioxygène.

On conçoit dès lors que ce soit une erreur de ne pas rechercher les

extincteurs secs ailleurs que parmi les corps inertes vis-à-vis de la combustion. Les comburants possèdent un pouvoir extincteur spécifique; il est facile de deviner que la même propriété doit appartenir aussi, dans des conditions convenables, à des corps partiellement, voire même totalement combustibles.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des organomagnésiens mixtes sur les benzylimines. Préparation des amines secondaires du type* $Ar.(R)CH.NH.CH^2.C^6H^5$. Note de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Marcel Delépine.

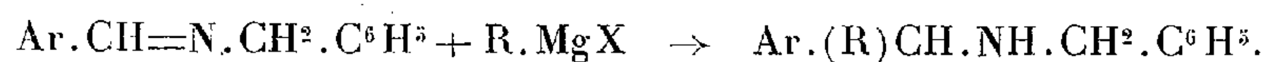
Les recherches spectrales et chimiques que j'ai effectuées sur les N- et O-benzyl-oximes ainsi que sur les benzylimines des cétones m'ont conduit à étudier des corps de la forme générale



$$(1)\qquad {}^{Ar}_{R}\!\!>CH.NH.CH^2.C^6H^5 \qquad (\text{où } R = \text{alcoyl, aryl}).$$

A ma connaissance aucune substance de cette catégorie n'avait été signalée jusqu'à présent.

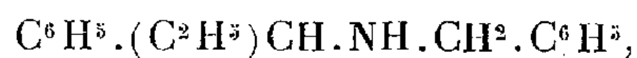
Afin d'obtenir ces composés, j'ai condensé les organomagnésiens mixtes avec les benzylimines des arylaldéhydes. Cette réaction constitue une excellente méthode de préparation de ces substances et peut être schématisée comme suit :



$$Ar.CH{=}N.CH^2.C^6H^5 + R.MgX \rightarrow Ar.(R)CH.NH.CH^2.C^6H^5.$$

Les principaux résultats de ces recherches sont les suivants :

1° La N-benzyl-benzaldimine ($Éb_{10mm}$ 183°) condensée avec $C^2H^5.MgBr$ fournit la benzyl-[α-phényl-propyl]-amine



$$C^6H^5.(C^2H^5)CH.NH.CH^2.C^6H^5,$$

liquide assez mobile, incolore, distillant à 135° sous une pression inférieure à 1^{mm}. Son chlorhydrate, $C^{16}H^{19}N.ClH$, fond vers 168° avec décomposition; son nitrate, $C^{16}H^{19}N.NO^3H$, à 146°; son sulfate $(C^{16}H^{19}N)^2SO^4H^2$, à 188°, et sa phénylurée, $C^{16}H^{19}N.CONC^6H^5$, à 89°.

2° La même benzylimine traitée par le $C^6H^5.MgBr$ donne la benzhydryl-benzyl-amine, $(C^6H^5)^2CH.NH.CH^2C^6H^5$, liquide visqueux, incolore, distillant à 181° sous une pression inférieure à 1^{mm}. Son chlorhydrate,

$C^{20}H^{19}N.ClH$, fond vers 230° avec décomposition; son nitrate, $C^{20}H^{19}N.NO^3H$, à 206°; sa phénylurée, $C^{20}H^{19}N.CONC^6H^5$, à 175°, et son dérivé acétylé, $C^{20}H^{18}N.COCH^3$, à 140°.

3° La N-benzyl-*p*-méthylbenzaldimine (Éb. $< 1^{mm} = 162°$) condensée avec le $C^2H^5.MgBr$ fournit la benzyl-[α-(*p*-méthylphényl)-propyl]-amine, *p*-$CH^3.C^6H^4.(C^2H^5)CH.NH.CH^2.C^6H^5$, liquide assez mobile, incolore, distillant à 143° sous une pression inférieure à 1^{mm}. Son chlorhydrate, $C^{17}H^{21}N.ClH$, fond vers 204° (déc.); sa phénylurée, $C^{17}H^{21}N.CONC^6H^5$, à 100°.

4° Enfin, par l'action du $C^2H^5.MgBr$ sur la N-benzyl-*p*-méthoxybenzaldimine (Éb. $< 1^{mm} = 204°$, P. F. 40°) on obtient la benzyl-[α-(*p*-méthoxyphényl)-propyl]-amine *p*-$CH^3O.C^6H^4.(C^2H^5)CH.NH.CH^2.C^6H^5$, liquide assez mobile, incolore, de P. Éb. $< 1^{mm} = 176°$. Son chlorhydrate, $C^{17}H^{21}ON.ClH$, fond vers 191° (déc.); son nitrate, $C^{17}H^{21}ON.NO^3H$, à 129°; son sulfate, $(C^{17}H^{21}ON)_2.SO^4H^2$, à 140°, et sa phénylurée, $C^{17}H^{21}ON.CONC^6H^5$, à 124°.

Remarque. — J'ai également préparé certaines des amines précédentes, la benzyl-(α-phénylpropyl)-amine, la benzyl-[α-(*p*-méthylphényl)-propyl]-amine, la benzyl-[α-(*p*-méthoxyphényl)-propyl]-amine en traitant la N-benzyl-propylaldimine par le $C^6H^5.MgBr$, le *p*-$CH^3.C^6H^4.MgBr$ et le *p*-$CH^3O.C^6H^4.MgBr$, mais avec un rendement inférieur à celui que l'on obtient en condensant les N-benzyl-arylaldimines avec le $C^2H^5.MgBr$.

Toutes les benzylimines précédentes s'obtiennent facilement avec un rendement quantitatif par condensation des arylaldéhydes (1^{mol}) et de la benzylamine (1^{mol}) en milieu benzénique.

En résumé, la condensation des organomagnésiens mixtes avec les N-benzyl-arylaldimines fournit avec d'excellents rendements les bases secondaires du type $Ar.(R)CH.NH.CH^2.C^6H^5$ et constitue une généralisation de la réaction des organomagnésiens avec les aniles [1].

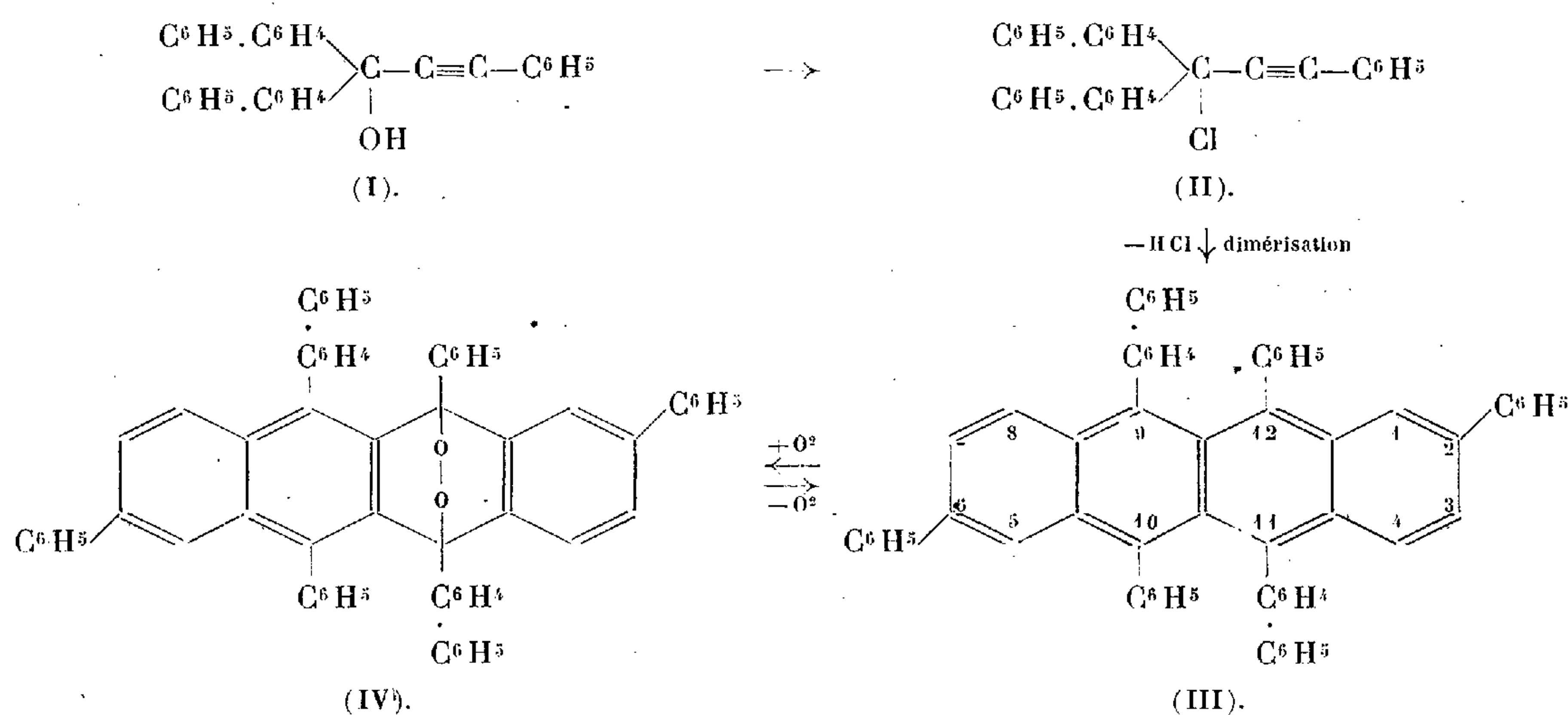
---

[1] Busch, *Ber. d. chem. Ges.*, 37, 1904, p. 2691; Busch et Rink, *ibid.*, 38, 1905, p. 1761.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse du tétraphényl*-2.6.10.12 bis-(*diphényl*)-9.11-*naphtacène et de son photooxyde*. Note de MM. **Denis Duveen** et **Antoine Willemart**, présentée par M. Marcel Delépine.

De nombreux travaux (¹) ont montré que la décomposition par la chaleur d'un éther chlorhydrique du type $\begin{matrix} R_1 \\ R_2 \end{matrix}\!\!>\!\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}}-C\equiv C-R_3$ pouvait donner naissance (par perte d'acide chlorhydrique et dimérisation) à un composé naphtacénique, à condition, toutefois, que les trois radicaux R_1, R_2 et R_3 fussent convenables, c'est-à-dire aromatiques. L'objet de cette présente Note est de signaler un nouvel exemple de cette réaction et de décrire ainsi un nouvel hydrocarbure naphtacénique de formule $C^{66}H^{44}$.

En faisant réagir le parabiphényl-lithium sur le phénylpropiolate de méthyle, on obtient le *bis*-(diphényl)-phényléthynylcarbinol, $C^{33}H^{24}O^{1}$ (I), F. 143°.



Sous l'action du trichlorure de phosphore, ce carbinol peut être transformé en un éther chlorhydrique très instable, $C^{33}H^{23}Cl$ (II), lequel, sous l'influence de la chaleur, se décompose avec perte d'acide chlorhydrique en donnant naissance par dimérisation à un hydrocarbure $C^{66}H^{44}$ (III). Par analogie avec les réactions du même type antérieurement étudiées, cet

(¹) Ch. Dufraisse, *Bull. Soc. Chim.*, 5ᵉ série, 3, 1936, p. 1857.

hydrocarbure serait le tétraphényl.2.6.10.12 bis (diphényl) 9.11-naphtacène.

Cet hydrocarbure possède bien toutes les particularités qui caractérisent les dérivés naphtacéniques dont un grand nombre, il convient de le remarquer, ont été obtenus par Ch. Dufraisse et ses collaborateurs en appliquant la méthode brièvement rappelée ci-dessus. Il se présente sous l'aspect de prismes allongés fortement colorés en rouge, de point de fusion élevé (vers 320° 1re fusion, puis solidification; vers 380° nouvelle fusion). Il est très peu soluble dans les solvants habituels : benzène, toluène, chloroforme, éther, etc., et donne des solutions colorées en rouge orangé fortement fluorescentes. Il est thermochrome à l'état solide, la couleur s'approfondissant en rouge grenat par chauffage vers 350° et s'éclaircissant en orangé à la température de l'air liquide. Sa solution benzénique présente dans la région visible trois bandes d'absorption dont les maxima sont situés vers 5450 Å, 5100 Å, 4800 Å.

Enfin, comme les dérivés naphtacéniques déjà étudiés, il est capable de se photooxyder en solution, c'est-à-dire d'absorber sous l'influence des radiations lumineuses une molécule d'oxygène par molécule d'hydrocarbure pour fournir un composé incolore $C^{66}H^{44}O^2$ (IV). Ce nouveau photooxyde se dissocie sous l'influence de la chaleur en dégageant de l'oxygène moléculaire et en régénérant l'hydrocarbure initial. Le rendement en oxygène libéré a été trouvé voisin de 70 pour 100, légèrement inférieur au rendement obtenu (80 pour 100) avec le photooxyde de tétraphényl-9.10.11.12-naphtacène; ce fait est d'ailleurs conforme avec l'abaissement de rendement constaté pour les photooxydes de composés naphtacéniques dissymétriquement substitués.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'interprétation des réactions secondaires observées au cours de la condensation organomagnésienne des cétones et des esters, en série aliphatique. Essai de théorie.* Note de M. **Marcel Tuot**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons décrit les réactions secondaires observées au cours de la condensation organomagnésienne des cétones et des esters, et formulé un certain nombre de règles qui définissent le comportement de ces produits vis-à-vis des réactifs de Grignard [1]. Nous avons vu que les méthylcétones

---

(1) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1019 et 1124.

étaient apparemment l'objet d'énolisation et de cétolisation, tandis que les cétones à radicaux polycarbonés conduisaient uniquement aux produits de réduction.

Cependant, comme ces réactions prennent naissance dans des conditions analogues, nous avons pensé qu'elles n'étaient pas indépendantes, et que l'étude d'un terme intermédiaire comme les éthylcétones permettrait de les interpréter par un même mécanisme. Nous avons donc étudié, d'une façon approfondie et systématique, les condensations de la diéthylcétone et de l'isopropylcétone avec le bromure d'isopropylmagnésium, d'une part, du propionate d'éthyle avec les bromures d'isopropyle et d'isobutyle, d'autre part. Toutes ces condensations conduisent à l'isolement d'une cétone, d'un cétol et d'un alcool secondaire, avec dégagement d'hydrocarbures saturé et éthylénique proportionnellement aux produits anormaux formés. Quant au rendement en alcool attendu, il suit les règles énoncées (*loc. cit.*).

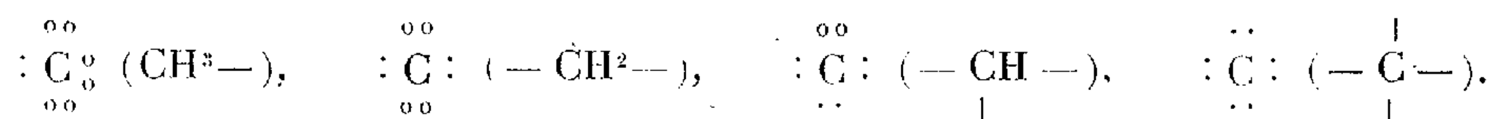
Nous signalons, pour la première fois, la *simultanéité* des réactions d'énolisation et de réduction. L'expérience nous a montré, non seulement que les éthylcétones constituent un stade intermédiaire où coexistent les deux principales réactions secondaires, mais aussi que leur importance relative dépend du poids moléculaire. Ainsi *l'énolisation* est prépondérante dans le cas de la diéthylcétone (réduction 21 pour 100), tandis que la *réduction* l'emporte avec l'éthylisobutylcétone (77 pour 100). La cétolisation diminue également avec l'augmentation du poids moléculaire, passant de 84 à 16 pour 100 (par rapport à la cétone récupérée).

On a cherché à expliquer ces phénomènes de différentes manières. En particulier l'explication donnée par Grignard, au moyen des hémiacétals, ne prévoit pas le départ *obligatoire*, à l'état de carbure, du radical provenant de l'alcoylhalogène, ce qui est toujours le cas. L'énolisation n'est pas plus admissible, les cétones à radicaux polycarbonés s'énolisant comme les méthylcétones; or on constate avec les premières (sauf les éthylcétones) uniquement la *réduction*.

Nous pourrions expliquer ces réactions de la façon suivante. Dans un premier temps, s'opère l'addition de l'éthérate magnésien au dérivé oxycarboné après rupture de la liaison C=O, avec saturation réciproque. Représentons par le symbole $\cdot\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{C}}\cdot$ l'atome de carbone libre possédant quatre électrons libres ou valences à sa partie périphérique (les électrons superficiels et internes neutralisant exactement les protons du noyau), par

les symboles : et $\mathrm{^{\circ}_{\circ}}$, la covalence, ou superposition de deux électrons (valences échangées entre atomes de carbone), et l'électrovalence. Les atomes de carbone du groupement fonctionnel (cétone) et d'oxygène de l'oxonium ont pour schémas $\cdot\overset{\circ\circ}{\underset{\cdot\cdot}{\mathrm{C}}}\colon$ et $\cdot\overset{\circ\circ}{\underset{\circ\circ}{\mathrm{O}}}\mathrm{^{\circ}_{\circ}}$, en adoptant la représentation tétraédrique, généralisée par G. Dupont, pour les éléments normaux. La condensation superficielle d'électrons dans un cas, leur neutralisation partielle dans l'autre rendent l'atome électropositif ou électronégatif, d'où la facilité de réaction. Le complexe obtenu est très instable (l'oxonium disparaissant par séparation d'une molécule d'éther); on a donc en présence les deux atomes $\cdot\overset{\circ\circ}{\underset{\cdot\cdot}{\mathrm{C}}}\colon$ et $\cdot\overset{\circ\circ}{\underset{\circ\circ}{\mathrm{C}}}\colon$ (atome du radical alcoyle; on ne représente que les atomes susceptibles d'entrer en liaison) faiblement polarisés, dont la condensation n'est possible que par superposition d'électrons en donnant pour le carbone de la fonction alcoolate magnésien, le schéma $\colon\overset{\circ\circ}{\underset{\cdot\cdot}{\mathrm{C}}}\colon$ où la saturation est représentée par quatre doublets ainsi que l'admet la théorie électronique.

Cette réaction, moins aisée, est fonction de l'empêchement stérique (cas où l'on observe les réactions secondaires). La condensation ne peut avoir lieu qu'à la faveur de l'orientation; les radicaux libres vont alors essayer de se saturer par échange interne de valences. Les atomes de carbone voisins du carbone fonctionnel peuvent avoir les formes



Dans le premier cas, les charges permettent la neutralisation, qui s'opère avec départ d'hydrogène dont s'empare le radical alcoyle pour sa propre saturation. On obtient ainsi un énolate magnésien dont la cétolisation est alors possible avec la cétone libre. Dans le deuxième cas, l'insuffisance de polarité ne permet pas l'échange interne de valences, et l'équilibre est atteint aux dépens du radical alcoyle, dont la saturation crée une double liaison $\colon\overset{\circ\circ}{\mathrm{C}}\vdots\overset{\circ\circ}{\mathrm{C}}\mathrm{^{\circ}_{\circ}}$ (qui peut avoir la forme $\colon\overset{\circ\circ}{\mathrm{C}}\vdots\underset{\circ\circ}{\mathrm{C}}\colon$, où les électrovalences sont d'ailleurs remplaçables par des covalences. Cette représentation interprète donc l'existence de stéréoisomères) ([1]). On a l'alcoolate

([1]) Le premier schéma comporte une électrovalence de plus, la double liaison étant à l'extrémité de la chaîne carbonée.

magnésien secondaire avec dégagement de carbure éthylénique. Enfin, dans les deux derniers cas, les polarités étant de même nature, on observe le phénomène précédent.

En dehors des actions directes, il faut admettre l'influence des charges voisines. C'est le cas des éthylcétones où la saturation du carbone fonctionnel est en partie interne, un groupe CH^2 étant compris entre deux atomes de polarité différente.

GÉOLOGIE. — *Sur le Nummulitique du versant oriental de l'Anti-Liban (région de Damas, Syrie).* Note de Mme **Rita Dubertret**, MM. **Louis Doncieux**, **Henri Vautrin** et **Louis Dubertret**, présentée par M. Charles Jacob.

La région de Damas, où seul le Lutétien supérieur était connu (1), présente un Nummulitique comparable à celui signalé par L. Doncieux, L. et R. Dubertret, dans le Nord-Ouest de la Syrie; toutefois il paraît, au moins localement, faire suite sans discontinuité au Sénonien, de sorte que tous les termes y sont représentés depuis l'Éocène inférieur jusqu'à l'Oligocène. Les séries s'établissent diversement selon les régions :

1° *Au pied de l'Hermon*, à Derbol, Hineh, Kefer Haouar, Kherbet es Saouda et Kefer Ouk, de bas en haut :

Calcaire à *Nummulites atacicus* Leym., *N. subatacicus* H. Douv., *N. gallensis* A. Heim, *N. uroniensis* B. et A. A. Heim, *N. irregularis* Desh., *N. subirregularis* de la H., *N. globulus* Leym., *N. Guettardi* d'Arch., Orthophragmines. — Lutétien inférieur.

Calcaire compact à *N. gizehensis* Forskal, *N. curvispira* Menegh., *N. Beaumonti* d'Arch., *N. sub-Beaumonti* de la H., *N. discorbina* Schloth., *N. subdiscorbina* de la H., *N. globulus-Guettardi*, *Alveolina oblonga* d'Orb., *A. subpyrenaica* Leym. — Lutétien supérieur.

2° *Vallée du Barada*, à Dimas, Husseiniyé, Ain Figeh et sur le plateau d'Afri, au sud d'Hureiré, à Halboun, au Tell Aryar :

Calcaire crayeux détritique, gris, glauconieux, avec bancs durs à nodules phosphatés ou de silex massif à Orthophragmines abondantes, Operculines, et, au Sud d'Hureiré à *N.* aff. *Fraasi* de la H. Éocène inférieur.

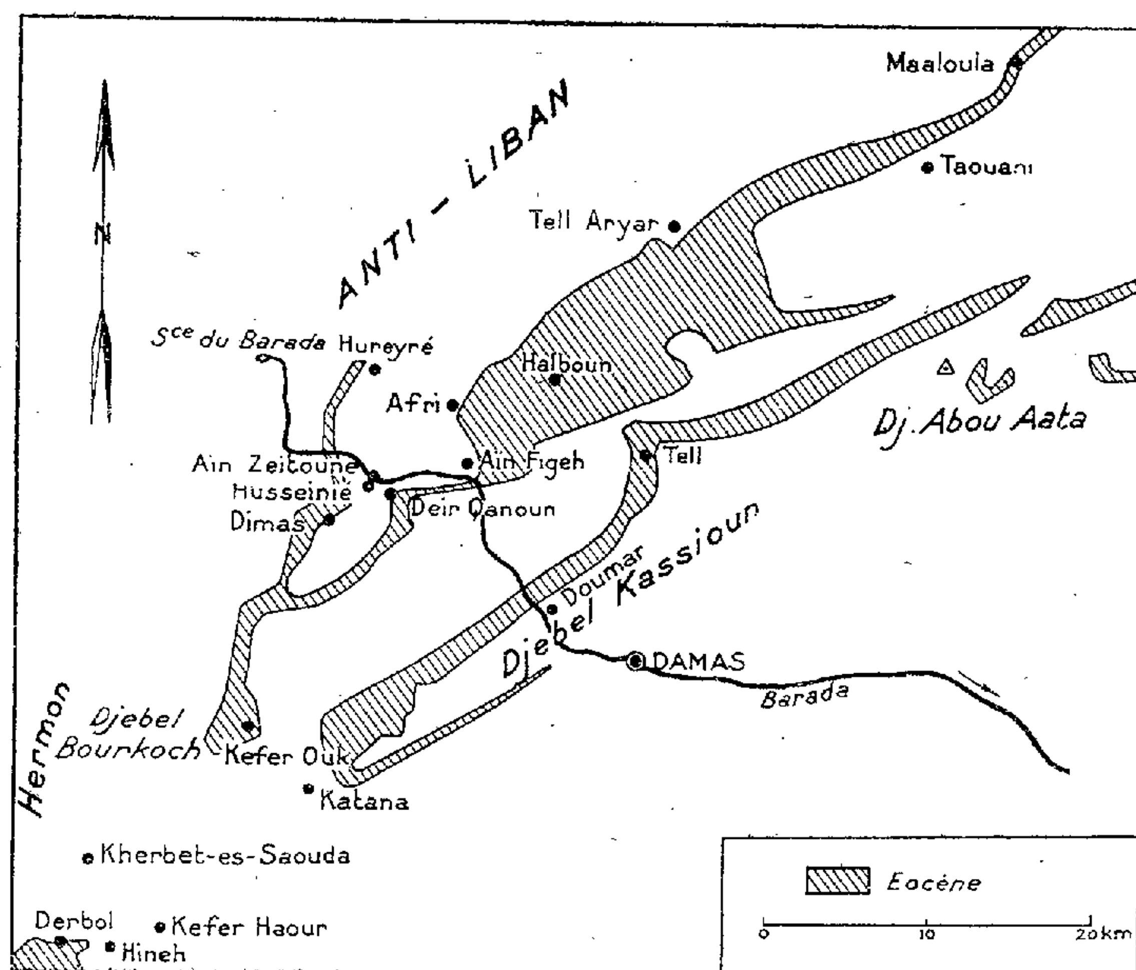
Calcaire marmoréen à *N. gizehensis-curvispira*, *N. Beaumonti*. — Lutétien supérieur.

3° *Sur le flanc N. du Djebel Kasyoun*, la coupe est assez semblable à celle de la

(1) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1224-1226.

région amont du Barada. Les marnes du Sénonien, ou de l'Éocène inférieur (?), passent à des craies à Globigérines avec bancs calcaires à Nummulites, dont les premiers renferment la faune habituelle du Lutétien inférieur, et d'autres, plus élevés, l'association de *N. gizehensis*, *N. irregularis*, *N. gallensis*, indice d'un Lutétien plus élevé. La série se termine par un calcaire marmoréen, bréchique, à *N. incrassatus* B et A de la H. et Orthophragmines, de l'Éocène supérieur.

4° *Entre Taouani et Maaloula*, le Nummulitique est complet. L'Éocène inférieur et moyen est constitué, comme au Djebel Kasyoun, de craie à Globigérines et de



calcaire à Nummulites. L'Éocène supérieur est également crayeux, caractérisé par *N. incrassatus* B et A, *N. vascus* var. *incrassata* de la H., *N. Fabiani* A Prever, *N. Chavannesi* de la H., *O.* cf. *ammonea*, *O.* cf. *complanata* Defr., *O. alpina* Douv. L'Oligocène est un calcaire saccharoïde, véritable récif à Polypiers, avec rares *N. intermedius* d'Arch. et *N. Fichteli* Mich.

5° Sur le bord de la Damascène, *au pied du Djebel Abou Aata*, un Éocène semblable à celui de Taouani est surmonté de calcaires et sables calcaires oligocènes à *N. intermedius-Fichteli* et petites *N. Bouillei* de la H.

Conclusion. — Au Sud des massifs de l'Hermon et de l'Anti-Liban et jusque dans le plateau désertique (²), le Nummulitique paraît faire suite sans discontinuité au Sénonien, par un Éocène inférieur crayeux.

Les termes plus élevés montrent une variation progressive de faciès de la

(²) L. Dubertret et H. Vautrin, *C. R. Soc. Géol. Fr. Paris*, 7, VI, 1937, xi, p. 160-162.

montagne vers le Sud-Est. Le Lutétien, entièrement calcaire, ne semble développé qu'en bordure de l'Hermon. Dans la vallée du Barada, sur le bord de l'Anti-Liban, le Lutétien devient crayeux dans sa partie inférieure, mais les termes plus élevés manquent encore. Au Djebel Kasyoun, tout le Lutétien est crayeux, et il est surmonté d'une brèche calcaire d'âge Éocène supérieur. Enfin, plus à l'Est, c'est l'Éocène entier qui devient crayeux, mais il est couronné d'un calcaire bréchique oligocène, récifal à Taouani.

Dans chaque région le Nummulitique nous apparaît comme étant crayeux dans l'ensemble, son couronnement seul étant calcaire. L'addition progressive de nouveaux termes de plus en plus élevés à la série nummulitique, de la montagne vers le plateau désertique, et la montée simultanée du faciès calcaire dans ces termes nouveaux semble être le résultat d'une émersion progressive de la région montagneuse : l'absence des termes supérieurs du Nummulitique au long de la montagne signifie une lacune et non pas une érosion intense, quoique l'on puisse observer déjà de légers emboîtements du matériel continental pontien et pliocène dans les couches supérieures du Nummulitique.

GÉOPHYSIQUE. — *Variations journalières de la température moyenne de l'ozone atmosphérique*. Note de Mme **Arlette Vassy** et M. **Étienne Vassy**, présentée par M. Charles Fabry.

L'un d'entre nous, après avoir étudié quantitativement au laboratoire la déformation des bandes de Huggins sous l'action de la température, a défini la *température moyenne* de l'ozone atmosphérique et donné une méthode pour la déterminer (1).

Les évaluations précédentes [Vassy (*loc. cit.*), puis par la suite Déjardin et ses collaborateurs (2)] ont été faites à partir de valeurs moyennes résultant de plusieurs jours d'observations. Il était donc intéressant de rechercher si cette température n'était pas soumise à des variations en fonction du temps, et, dans l'affirmative, d'examiner ses relations avec l'épaisseur réduite et avec la situation météorologique.

Nous avons effectué cette étude au cours d'un séjour à la station météo-

(1) E. Vassy, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1426; 203, 1936, p. 1363; *Ann. de Phys.*, 11e série, 8, 1937, p. 679.

(2) Arnulf, Déjardin et Cavassilas, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 809.

rologique d'Ifrane, Maroc (lat. 33°31′ N., long. 5°07′ W. Greenwich, alt. 1635ᵐ), où, du 19 juillet au 13 août 1937, nous avons déterminé aussi souvent que possible l'épaisseur réduite et la température moyenne de l'ozone.

Le procédé expérimental consistait à photographier le spectre de la lumière diffusée au zénith; nous préciserons dans un autre Recueil les conditions et les limites de validité de cette méthode. Nous obtenions en général au cours de la même après-midi quatre ou cinq spectres et d'après chacun d'eux il était possible de déduire la température moyenne de l'ozone. A part quelques exceptions sur lesquelles nous reviendrons, les résultats sont concordants pour les différents spectres de la même journée. Le tableau suivant contient l'épaisseur réduite et la température moyenne pour les différents jours d'observations.

	Épaisseur (cm).	Temp. (°C.).		Épaisseur (cm).	Temp. (°C.)
19 juillet 1937...	0,16	–	2 août 1937...	0,185	–
22 » ...	0,25	—12	4 » ...	0,12	—49
23 » ...	0,22	— 7	5 » ...	0,16	–
24 » ...	0,20	—20	10 » ...	0,27	—25
25 » ...	0,20	—17	11 » ...	0,20	–
26 » ...	0,175	—26	12 » ...	0,19	—16
1er août 1937...	0,24	—32	13 » ...	0,17	—39

Nous avons ainsi mis en évidence des variations journalières de la température moyenne de l'ozone, les valeurs extrêmes étant — 7°C. pour le 23 juillet et — 49°C. pour le 4 août.

En possession de l'analyse de la situation atmosphérique au voisinage du sol d'après les cartes synoptiques de l'hémisphère nord établies par les soins de l'Office National Météorologique, nous avons été conduits aux remarques suivantes :

1° L'épaisseur réduite de l'ozone atmosphérique est liée à l'origine de l'air. Ainsi les arrivées d'air polaire (22 juillet, 1er août, 10 août) correspondent aux fortes épaisseurs (0,25; 0,24; 0,27 cm). Ce fait avait déjà été constaté à Abisko, Laponie suédoise (lat. 68°20′) par Barbier, Chalonge et Vassy (³). Nous voyons donc que, même à 33° de latitude, l'air d'origine polaire conserve sa richesse en ozone. D'autre part, aux arrivées d'air saharien (19 juillet, 4 août) correspondent les plus faibles épaisseurs (0,16; 0,12 cm).

2° La plus basse température moyenne observée (— 49°C.) correspond

(³) *Comptes rendus*, 201, 1937, p. 787.

à de l'air saharien très nettement caractérisé; les autres valeurs que nous avons pu obtenir, qui sont notablement plus élevées, correspondent toutes à de l'air polaire. Un effet de ce genre avait déjà pu être aperçu sur les mesures d'Abisko ([4]). D'après nos connaissances sur la température de la stratosphère aux diverses latitudes, ces différentes observations s'expliquent parfaitement.

Récemment, Mironovitch et Viaut ([5]) ont observé, en dépouillant des radiosondages, que les invasions troposphériques d'air polaire s'accompagnent également de perturbations de température dans la basse stratosphère. Nous voyons que cette perturbation se prolonge jusqu'à l'altitude du centre de gravité de l'ozone.

3° La stagnation de l'air polaire à la latitude du Maroc se traduit par une diminution lente et régulière de l'épaisseur réduite accompagnée d'une décroissance progressive de la température moyenne. Ainsi du 22 au 26 juillet, l'épaisseur passe de 0,25 à $0^{cm},175$ et la température diminue.

4° Il semble exister un certain décalage entre l'arrivée d'air au sol et dans la stratosphère (à l'altitude du centre de gravité de l'ozone). Ainsi entre le 1er et le 2 août, deux jours avant l'arrivée au sol d'air saharien, il se produit une diminution notable de l'épaisseur réduite de l'ozone. Ceci pourrait s'expliquer par le profil de la masse d'air qui arrive.

Remarquons enfin qu'au cours des périodes de transition (19 juillet, 5 août, 11 août) il n'est pas possible de donner une température moyenne précise, celle-ci variant avec chaque spectre au cours de la journée; l'épaisseur varie également de façon irrégulière et la valeur donnée n'est qu'une moyenne.

Ceci fait supposer que, ces jours-là, l'ozone arrive d'une façon discontinue, comme par vagues.

Cet ensemble de résultats met en évidence l'intense circulation des grandes masses d'air stratosphériques et montre qu'elles peuvent conserver leurs caractéristiques originelles pendant un certain temps. L'ozone, par la mesure de son épaisseur réduite et de sa température moyenne, constitue donc un moyen commode pour suivre ces déplacements.

([4]) Barbier, Chalonge et Vassy, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1665.

([5]) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 866.

PALÉOBOTANIQUE. — *L'histoire forestière post-glaciaire en Basse-Normandie d'après l'analyse pollinique des tourbières.* Note de M. **Georges Lemée**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Les tourbières de Normandie n'ayant encore fait l'objet d'aucune analyse pollinique, nous en avons entrepris l'étude à ce point de vue. Elle a porté sur les tourbières suivantes : les Barres et le Coudray à la Grande-Trappe (Orne), le Grais (Orne, deux tourbières), Chicheboville près Caen (Calvados), « marais » de Gorges (Manche), tourbe littorale d'Urville-Hague (Manche). En outre, un échantillon de tourbe provenant d'un sondage dans les alluvions de l'estuaire de l'Orne à Bénouville, à la cote -13^{m}, a été analysé.

D'après ces documents, l'histoire de la silve post-glaciaire normande comporte les phases suivantes.

1. *Phase du pin* (Bénouville, la Trappe, Chicheboville) : le pin silvestre dominant est accompagné d'un pin à gros pollen (après action de la potasse à 10 pour 100 bouillante pendant 20 minutes) qui paraît être *Pinus montana* Mill. Parmi les essences feuillues, le bouleau existe seul, très rare, à Bénouville; on trouve en outre le noisetier, l'orme et le chêne à la Trappe et Chicheboville, dans des tourbes sans doute plus récentes.

2. Une *phase du noisetier et de la chênaie mixte* (chêne dominant, orme subordonné) s'établit en même temps que la pineraie régresse : maximum de 92 pour 100 du noisetier et de 83 pour 100 du chêne à la Trappe apparition de l'aulne.

3. La régression rapide du noisetier ouvre une *phase de la chênaie mixte* avec chêne dominant, orme en diminution rapide et apparition de *Tilia cordata* Beck; pin et bouleau très rares; aulne en multiplication rapide.

4. Le croisement des courbes croissante de l'aulne et décroissante du chêne marque le début d'une *phase de l'aulne et du chêne;* la forte dominance du premier (jusqu'à 92 pour 100) est due au peuplement des tourbières par des aulnaies, confirmée par l'abondance dans la tourbe de bois d'aulne et de spores de fougères sciophiles. Mais, parmi les essences mésophiles, le chêne demeure dominant, avec abondance du noisetier en sous-bois ou dans les clairières. Le seul accident notable de cette longue phase est une poussée légère du bouleau et du noisetier vers son milieu; après cette poussée, le hêtre et le charme apparaissent, très rares.

5. Le développement du hêtre à une époque récente nous permet de reconnaître une dernière *phase de l'aulne, du chêne et du hêtre*. L'ensemble

des autres essences progresse aux dépens de l'aulne par suite du déboisement partiel des tourbières sous l'influence humaine.

L'absence du pollen de sapin nous permet de conclure que cette essence a fait défaut en Basse-Normandie pendant tout le post-glaciaire, et dans le nord du Perche, où elle est considérée comme indigène par certains auteurs, au moins jusqu'à l'époque de l'apparition du hêtre (les diagrammes de la Trappe s'arrêtent à cette époque) : *le sapin de Normandie n'est pas une relique glaciaire*.

La comparaison de cette histoire forestière avec celle des territoires voisins étudiés montre une grande analogie générale avec les plaines du nord-ouest de l'Allemagne, des Pays-Bas et de l'Angleterre, où le bouleau est cependant plus abondant dans toutes les phases.

La synchronisation des phases forestières post-glaciaires de Normandie avec les périodes climatiques de Blytt-Sernander peut être établie par la comparaison avec les régions voisines. Les phases du pin et du noisetier qui marquent en Europe moyenne l'*époque boréale*, sont contemporaines des mêmes phases en Normandie, ou légèrement postérieures. Elles ont partout été précédées en Europe par une phase du bouleau (périodes subarctique et préboréale) que nous n'avons pas observée ici. La phase de la chênaie mixte marque le climat doux et humide de la *période atlantique*. La phase de l'aulne et du chêne semble s'étendre sur une partie de la *période atlantique*, la *période subboréale* et le début de la *période subatlantique*; le maximum relatif du bouleau en son milieu paraît contemporain de celui du bouleau-pin observé en Angleterre dans la période subboréale. L'extension du hêtre, caractérisant en Normandie la dernière phase, est subatlantique.

Dans l'échelle stratigraphique du Quaternaire, la phase du pin se situe au début de la transgression flandrienne (*Flandrien inférieur*), comme le montre la tourbe de base des alluvions de l'Orne à Bénouville.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'évolution des noyaux des cellules internodales de* Chara fœtida. Note [1] de M. **Jean Motte**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

On a depuis longtemps signalé, chez les Characées, la structure particulière des noyaux des cellules internodales. Mais les modifications inter-

---

[1] Séance du 5 décembre 1938.

venant au cours de leur évolution n'ont pas été décrites. Les indications fournies par les auteurs ne concernent, en effet, que les cellules internodales situées au voisinage de l'extrémité végétative, et par conséquent très jeunes. Elles négligent les stades suivants. La raison en est simple. Les techniques de fixation et d'inclusion, relativement aisées à appliquer aux extrémités végétatives sont, au contraire, d'une grande difficulté quand il s'agit des entre-nœuds à cause des dimensions inusitées des cellules qui les constituent. On peut pourtant tourner cette difficulté en mettant précisément en œuvre cette dernière caractéristique. Les dimensions des cellules permettent, en effet, de les vider de leur contenu et d'étudier ce dernier à la manière d'un frottis. Dans ces conditions les rapports réciproques des constituants cellulaires ne sont évidemment pas respectés, mais leur structure particulière n'est en rien modifiée et la chose se vérifie tout particulièrement à l'égard du noyau. J'ai tenté de suivre ainsi la destinée du nucléole et celle du matériel chromatique au cours de l'évolution des éléments nucléaires internodaux.

Technique. — Elle diffère selon que l'on veut suivre l'un ou l'autre de ces constituants.

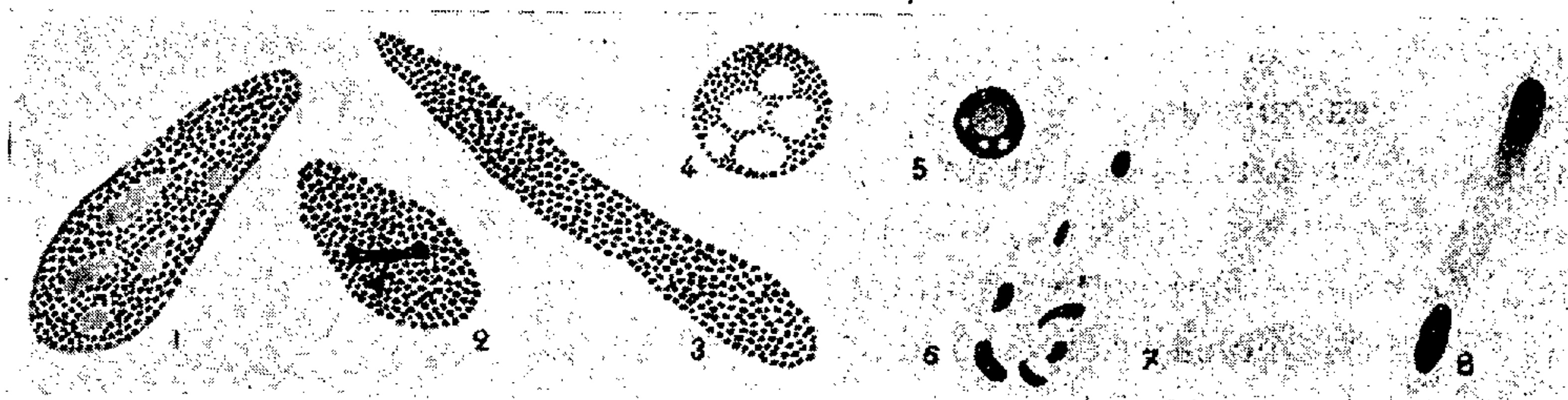
Dans le premier cas les entre-nœuds sont vidés de leur contenu sur une lame. La goutte ainsi obtenue est fixée sur des vapeurs de formol, puis colorée au bleu de toluidine de Sabrazès et différenciée à l'éosine alcoolique. Les nucléoles se colorent électivement en bleu.

Dans le deuxième cas la réaction nucléale de Feulgen, seule acceptable, ne peut être envisagée qu'après fixation dans le sublimé, dans l'alcool ou dans un mélange de ces deux réactifs (Schaudinn). La solution saturée de sublimé m'a donné les meilleurs résultats. J'y ai fixé les filaments en totalité. L'expression du contenu cellulaire et la réalisation du frottis interviennent alors après la fixation. La coloration s'ensuit selon le procédé bien connu de Feulgen, suivi d'un traitement pour le vert lumière.

Évolution du nucléole. — Le noyau quiescent de la cellule apicale (coupe fixée au Bataillon et colorée au bleu de toluidine, *fig*. 5) est relativement gros. Son nucléole, arrondi, présente des aires vacuolisées. Dès que les cellules internodales sont formées, ou, en d'autres termes, dès que les noyaux ont définitivement perdu toute activité cinétique, les nucléoles se multiplient. Ils ont alors des aspects variés, globuleux ou en bâtonnets irréguliers (*fig*. 6). On notera que, de très bonne heure, leur masse totale paraît se fixer et demeurer constante par rapport à la masse nucléaire. En d'autres termes, ils ne se multiplient que dans la mesure où se multiplient

les noyaux qui les renferment. Mais leur disparition est relativement précoce. Elle se manifeste à peu près au niveau du quatrième entre-nœud apparent à partir du point végétatif, c'est-à-dire au moment où les cellules internodales ont atteint leur longueur définitive. Cette disparition est brutale. A peine peut-on, dans les entre-nœuds suivants, déceler dans quelques noyaux, d'infimes granulations teintées par le bleu de toluidine et qui disparaissent à leur tour. Les noyaux sont alors uniformément colorés en rose par l'éosine (*fig.* 7).

Ce n'est que vers le neuvième entre-nœud qu'apparaissent, dans certains



noyaux, de nouveaux éléments colorés par le bleu de toluidine. Ce sont des plages situées d'abord à une extrémité ou aux deux extrémités de l'aire nucléaire (*fig.* 8) et pouvant en définitive occuper la totalité de celle-ci. Il s'agit selon toute vraisemblance d'éléments en rapport avec la désorganisation du noyau et, en tout cas, sans rapport avec les nucléoles.

Évolution de la chromatine. — Le noyau quiescent de la cellule apicale (coupe fixée au Schaudinn et colorée au Feulgen) renferme un nucléole à réaction nucléale négative dans lequel on retrouve la structure vacuolaire décrite ci-dessus. La chromatine est alors présente dans le noyau en quantité très faible, sous forme de granulations souvent à peine visibles, réparties sur un réseau de filaments achromatiques. Dès le moment où les cellules internodales se différencient, et par conséquent, pendant que les nucléoles se multiplient, les granulations chromatiques deviennent plus évidentes, plus nombreuses aussi, en même temps que le réseau chromatique s'efface (*fig.* 1). Dès lors la chromatine remplit le noyau d'un contenu granuleux abondant. Les nucléoles colorés en bleu pâle, s'effacent ici encore vers le quatrième entre-nœud (*fig.* 3), et c'est encore vers le neuvième entre-nœud que réapparaissent des plages vacuoliformes affines au vert lumière, analogues à celles que met en évidence le bleu de toluidine (*fig.* 4).

Tant que les noyaux sont apparents, la chromatine demeure semblable à

elle-même en forme et en quantité, et cela quelle que soit la forme des noyaux. A peine peut-on noter, dans certains de ces éléments appartenant aux toutes dernières cellules internodales (vers le quatorzième entre-nœud), une confluence partielle des granulations chromatiques qui donnent alors, sur le fond régulier normal, l'aspect des masses peu nombreuses aux contours irréguliers (*fig.* 2).

MYCOLOGIE. — *Recherches écologiques sur les Acrasiées* Polysphondylium pallidum *Olive*, Polysphondylium violaceum *Bref.*, Dictyostelium mucoroides *Bref.* Note de Mme **Irène Michalska** et de M. **François-Xavier Skupieński**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Nos recherches portent sur trois espèces, *Polysphondylium pallidum* Olive, *Polysphondylium violaceum* Bref. et trois formes de *Dictyostelium mucoroides* Bref. A, B et C.

Nous avons étudié l'influence du substratum et de sa réaction chimique, de la température, de l'oxygène, de la lumière, de l'humidité et de certains facteurs biologiques sur les dites Acrasiées.

Comme la forme ainsi que la grandeur des spores et des sporanges présentent parfois de larges modifications sur le même substratum, nous nous sommes décidés d'apprécier la valeur de celui-ci d'après l'abondance des fructifications.

La composition du substratum possède une influence décisive sur la forme et la vitesse de développement des fructifications. Différents milieux de cultures ont été utilisés au cours de nos recherches : la gélose au moût de bière, à la maltose, à la peptone, au glycocolle, à l'asparagine et à la tyrosine, la gélose au bouillon de carotte et de pomme de terre, ainsi que la carotte et la pomme de terre seules. Le moût de bière, la carotte, la pomme de terre constituent les meilleurs milieux nutritifs. Parallèlement à ces bons substratums, nous avons utilisé les substratums maigres, composés de sels minéraux (Knop) à la gélose et des extraits d'humus également à la gélose. Nous avons constaté que chaque espèce exige pour son développement normal des conditions spéciales.

1. Les sporanges de *Polysphondylium pallidum* apparaissent vers le 6-7e jour après l'ensemencement des spores et ils se forment le mieux sur gélose au moût de bière à 2 pour 100. Les sporanges de *Polysphondylium violaceum* se forment habituellement 4 jours après l'ensemencement des

spores et leur développement optimal a lieu sur gélose au moût de bière à 8 pour 100.

En ce qui concerne les trois formes de *Dictyostelium mucoroides*, plus la concentration du moût de bière est grande, mieux ils se développent et leurs sporanges se forment 4-6 jours après l'ensemencement des spores.

Sur le substratum gélosé, additionné d'acides aminés, les deux *Polysphondyliums* ne se développent pas du tout, malgré le bon développement de bactéries. *Dictyostelium mucoroides* donne, par contre, sur l'asparagine à 1 pour 100 et sur la peptone aux différents pourcentages des sporanges chétifs, dont les spores n'ont aucun pouvoir germinatif.

2. Le deuxième facteur important dans le développement des Acrasiées est la réaction des substratums. Le pH optimum pour les fructifications est : 7,3 pour *Polysphondylium pallidum*, 7,2 pour *P. violaceum* et 6-8 pour *Dictyostelium mucoroides*. Il faut tout de suite faire la remarque que ces pH sont établis automatiquement par les bactéries, étant donné que le pH du substratum avant l'ensemencement des spores était partout 6,4.

3. La température réagit sensiblement sur la marche du développement de toutes les Acrasiées, ainsi que sur la qualité de leurs fructifications. Ainsi l'optimum pour toutes les espèces est entre 18° et 20° C.

Le froid retarde la germination des spores, mais les cultures gelées à la température de — 5° et transportées ensuite à la température de 18°-20° C. donnent des sporanges plus grands et plus forts.

La température de + 40° C. tue complètement les spores de toutes Acrasiées, mais elle ne tue pas les bactéries qui supportent de plus fortes températures.

La température de 30°-35° tue également les spores de deux *Polysphondylium*, tandis qu'à la même température *Dictyostelium mucoroides* B et C fructifient normalement et *D. mucoroides* A fournit des sporanges fortement modifiés.

4. Les Acrasiées sont de vrais aérobies. Quand on empêche l'accès libre de l'air aux cultures, celles-ci ne fructifient pas. Les cultures montées dans des tubes longs, mais étroits ou hermétiquement bouchés au coton, ne fournissent pas non plus de résultats positifs ou donnent tout au moins des fructifications faibles et modifiées.

5. La lumière paraît également avoir une certaine influence sur le développement de toutes les Acrasiées. Les cultures de *Polysphondylium violaceum* et de *Dictyostelium mucoroides* A, B et C gardées dans l'obscurité complète fournissent de bonnes fructifications. Celles de *Polysphondylium*

pallidum ne fournissent, au contraire, aucun résultat malgré un bon développement de bactéries.

6. L'humidité est un facteur très important dans le développement des Acrasiées. *Polysphondylium pallidum* fructifie habituellement sur la partie solide du substratum, tandis que *Polysphondylium violaceum* préfère le substratum plus riche en eau; il fructifie même à la surface de l'eau de condensation. Quand on cultive ces deux espèces ensemble, *Polysphondylium pallidum* fructifie toujours dans la partie supérieure (donc la moins humide) du substratum, tandis que *Polysphondylium violaceum* fructifie dans la partie inférieure (donc la plus riche en eau) du substratum.

Les trois formes de *Dictyostelium mucoroides* fructifient sur toutes les parties du substratum; les sporanges sont uniformément disposés aussi bien dans la partie supérieure de la plaque de gélose, que dans sa partie inférieure et même à la surface de l'eau condensée.

7. En présence de certaines moisissures, comme par exemple *Penicillium glaucum* et *Cladosporium herbarum*, dont les spores sont introduites en même temps que les spores des Acrasiées, *Polysphondylium* vit mal, tandis que les *Dictyostelium* présentent une plus forte résistance et fructifient même quand toute la surface du substratum est couverte par ces champignons.

MYCOLOGIE. — *Sur la formation de l'asque de* Nematospora Coryli, *après un phénomène sexuel.* Note (1) de Mlle **Jane Manuel**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

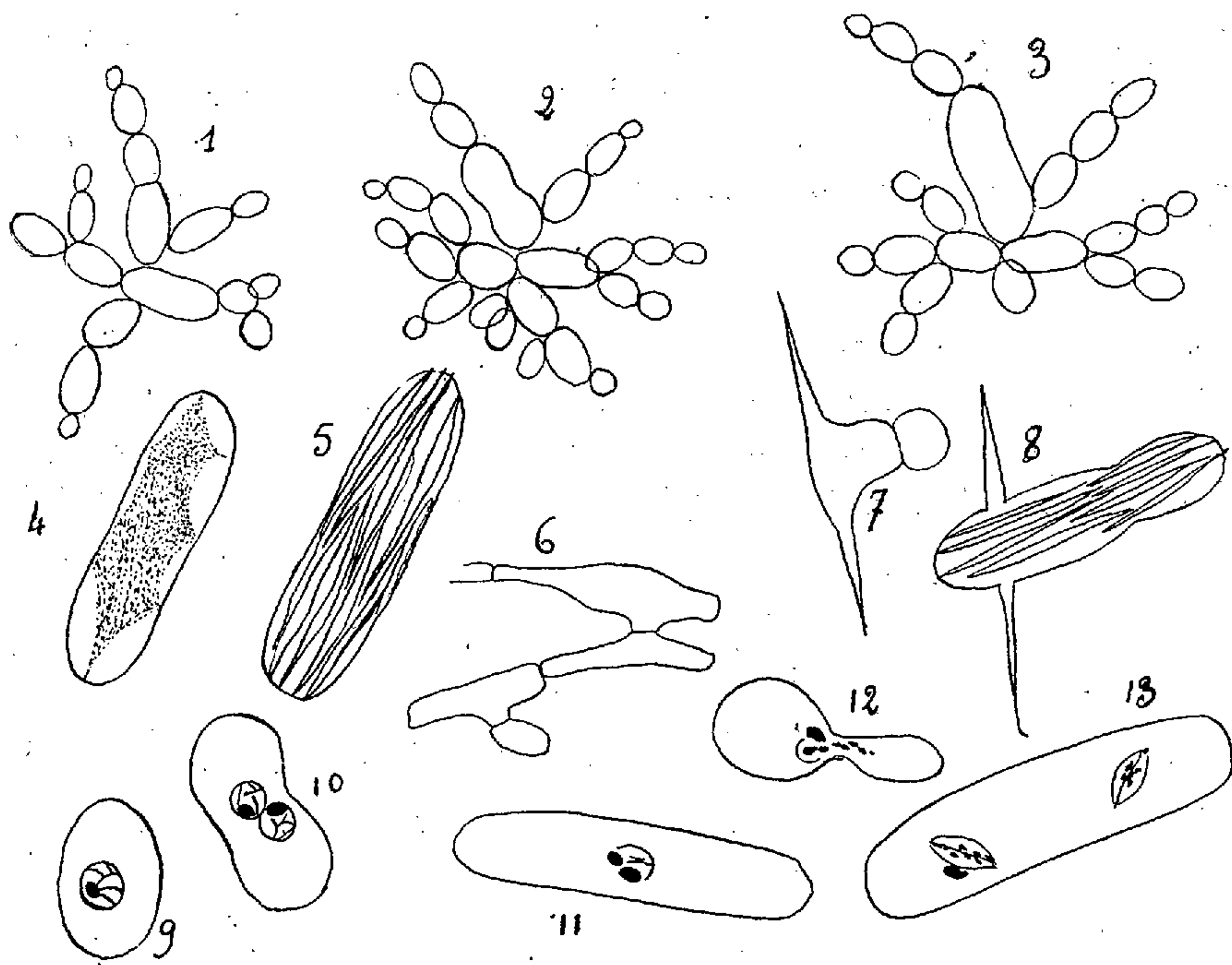
L'étude du *Nematospora Coryli*, découvert dans les noisettes par Peglion, a été reprise et complétée par Guilliermond (2). Néanmoins, le développement de cette espèce n'apparaissant pas suffisamment clair, nous avons repris son étude : celle-ci nous a amenée à constater que si les asques peuvent se former par parthénogénèse, comme l'avait constaté Guilliermond, ils résultent souvent aussi d'une conjugaison analogue à celle dont Schneider et Wingard avaient supposé l'existence dans d'autres *Nematospora : N. Phaseoli et Lycopersici.*

Sur moût de bière gélosé, en chambre humide, ce Champignon donne

(1) Séance du 5 décembre 1938.

(2) *Rev. gén. Bot.*, 40, 1928, p. 690.

des cellules-levures, de tailles très diverses, et des formations mycéliennes (*fig.* 6). Les cellules, quelles que soient leurs tailles, sont des formes haploïdes, toutes capables de se conjuguer. Certaines offrent un bourgeonnement spécial observé par Guilliermond et analogue à celui du genre *Saccharomycodes*. C'est souvent entre ces dernières que s'opère la conjugaison : celle-ci s'observe généralement entre les deux avant-dernières cellules provenant de ce bourgeonnement (*fig.* 1, 2 et 3). Les gamètes



sont accolés l'un à l'autre (*fig.* 1) et séparés par une cloison transversale qui ne tarde pas à se résorber (*fig.* 2 et 3). Pendant la conjugaison ou lorsque ce phénomène est achevé, le bourgeon terminal peut donner de nouveaux bourgeons. Souvent, un assez grand nombre de zygotes arrêtent leur développement et ne se transforment pas en asques, mais si l'on ajoute un peu de milieu nutritif dans la chambre humide, le développement se poursuit et l'on voit se former les ascospores. Les asques se développent rapidement aux dépens des zygotes et forment huit ascospores allongées dont une extrémité est en pointe et l'autre pourvue d'une sorte de pseudoflagelle (*fig.* 4 et 5). Les premières ascospores formées germent souvent dans le milieu où elles se trouvent. Parfois, elles se

gonflent seulement et se transforment directement, sans bourgeonnement préalable, en un nouvel asque parthénogénétique, ainsi que l'a constaté Guilliermond : en ce cas, l'asque conserve les deux pointes de l'ascospore dont il dérive. Il arrive aussi que l'ascospore, une fois gonflée, donne un bourgeon avec lequel elle se conjugue pour donner un zygote qui se transforme en un asque (*fig.* 7 et 8). Ces phénomènes, qui se produisent dans les milieux épuisés, consistent en un raccourcissement du développement : ils expliquent sans doute que Wingard ait pu décrire, dans le *Nematospora Phaseoli*, des conjugaisons se produisant avant la formation de l'asque et d'autres entre les ascospores, au moment de leur germination.

Les préparations fixées et colorées montrent que les cellules ont un gros noyau, renfermant un nucléole et un réseau chromatique (*fig.* 9), qui, pendant le bourgeonnement, se divise par une mitose assez difficile à suivre (*fig.* 12). Lors de la conjugaison, les deux noyaux haploïdes, réunis dans la zygote, se fusionnent (*fig.* 10) et le noyau diploïde qui en résulte offre d'abord deux nucléoles (*fig.* 11). Ce noyau subit ensuite trois mitoses successives qui s'effectuent selon le mode décrit par Guilliermond dans cette même espèce, c'est-à-dire par une mésomitose tout à fait comparable à celle que l'on observe chez les Ascomycètes supérieurs : on voit se former, au milieu du noyau, qui conserve sa paroi, un fuseau achromatique au milieu duquel se groupent les chromosomes sous forme de petits grains dont il est impossible de compter le nombre (*fig.* 13). Le nucléole persiste pendant tout le phénomène.

Il résulte donc de nos recherches que le *N. Coryli* offre un développement tout à fait semblable à celui des Levures du genre *Zygosaccharomyces* et des Endomycoïdées. Ce développement est d'ailleurs le même que celui décrit par Chatton [1] dans le *Coccidiascus Legeri*, considéré par cet auteur comme voisin du genre *Nematospora*, et dans lequel l'asque résulte aussi d'une conjugaison isogamique. Ces faits nous amènent donc, avec Schneider, Wingard et Guilliermond, à ranger les espèces du genre *Nematospora* parmi les Levures et à les classer avec Mme Stelling Dekker dans la tribu des Nématosporoïdées, comprenant aussi le genre *Coccidiascus* et appartenant à la famille des Endomycétacées. Nos recherches confirment, en même temps, l'opinion de Guilliermond qui sépare complètement le genre *Nematospora* des genres *Ashbya* et *Eremothecium*.

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 75, 1913, p. 117.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *De la répartition du manganèse et du fer dans les frênes et les ormes de la province de Québec.* Note de MM. **Paul Riou** et **Gérard Delorme**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons étendu aux frênes et aux ormes les recherches déjà effectuées sur les érables ([1]). Nos déterminations se rapportent à 14 frênes et 12 ormes prélevés dans des endroits éloignés les uns des autres, afin de tenir compte de toutes les conditions de croissance.

Les méthodes colorimétriques utilisées ont déjà été indiquées antérieurement ([2]). Les nombres figurant dans les tableaux donnés plus loin correspondent à la matière séchée à l'étuve et représentent des moyennes d'analyses d'individus différents.

Frênes. — Trois espèces ont été examinées : le frêne blanc (*Fraxinus americana*), le frêne noir (*Fraxinus nigra*) et le frêne rouge (*Fraxinus pennsylvanica*), arbres calcicoles s'accommodant bien cependant d'un sol neutre.

Teneur en cendres.

Fraxinus	*americana.*	*nigra.*	*pennsylvanica.*
Écorce	6,41	5,20	6,81
Aubier	0,53	0,47	0,52
Cœur	0,64	0,65	0,26
Rameaux	2,50	2,27	2,65
Feuilles	8,72	7,93	8,28

On constate que le pourcentage des cendres varie de la même façon pour les trois frênes.

Répartition du fer et du manganèse dans les différentes parties des frênes.

Fraxinus...	*americana.*		*nigra.*		*pennsylvanica.*	
	Fer.	Manganèse.	Fer.	Manganèse.	Fer.	Manganèse.
Écorce.....	0,0078	0,0096	0,0099	0,0028	0,0239	0,0022
Aubier.....	0,0015	traces ([3])	0,0027	traces ([3])	0,0009	0,0000
Cœur......	0,0016	traces ([3])	0,0021	0,0000	0,0013	0,0000
Rameaux...	0,0055	0,0027	0,0051	0,0017	0,0052	0,0019
Feuilles....	0,0195	0,0094	0,0110	0,0042	0,0166	0,0029

([1]) P. Riou et G. Delorme, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 300.

([2]) Hormisdas, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1925.

([3]) Un seul échantillon sur cinq n'en contenait que des traces.

La teneur en fer des trois espèces est relativement élevée et celle du manganèse très faible; dans chaque espèce, l'aubier et le cœur ne contiennent que très peu de cet élément, ce qui paraît être en relation avec la nature calcaire du sol, qui en diminuerait la facilité d'assimilation, ainsi que l'ont d'ailleurs reconnu divers auteurs ([4]) à ([8]).

L'*Acer negundo* ([9]) se distingue nettement des autres érables par sa teneur en manganèse et semble plutôt se rapprocher des frênes. En effet, le pourcentage de manganèse est très bas dans chacun des organes et le cœur, de même que l'aubier, n'en renferment que des traces. Il est curieux de rapprocher ces constatations des opinions divergentes des botanistes dont certains se demandent « s'il s'agit d'un érable à feuilles de frêne ou d'un frêne à fruit d'érable » ([10]).

Le fer et le manganèse se trouvent en abondance dans les parties actives de l'arbre, les feuilles et les rameaux, ainsi que dans l'écorce où ces métaux semblent s'accumuler.

Ormes. — Les déterminations ci-dessous se rapportent à trois espèces d'ormes : l'orme blanc (*Ulmus americana*), l'orme à grappes (*Ulmus racemosa*) et l'orme rouge (*Ulmus fulva*). Ce sont des arbres calcicoles.

Teneur en cendres.

Ulmus................	*americana.*	*racemosa.*	*fulva.*
Écorce..............	8,39	11,35	10,42
Aubier..............	0,80	0,83	0,71
Cœur...............	0,79	1,40	0,92
Rameaux............	3,30	6,37	2,33
Feuilles............	12,59	9,85	12,94

Le cœur de l'orme à grappes est plus riche en cendres que celui des autres espèces étudiées, à l'exception de l'*Acer negundo*.

([4]) B. E. Gilbert, *R. I. Agr. Expt. Sta. Bull.*, **246**, 1934, p. 5-15.
([5]) P. L. Gile, *Science*, n. ser., **44**, 1916, n° **1146**, p. 855-857.
([6]) C. Schollenberger, *Soil Science*, **25**, 1928, p. 351-358.
([7]) G. W. Leeper, *Nature*, **134**, 1934, 972-973.
([8]) C. Olsen, *Bioch. Z.*, 269, 1934, p. 329-348.
([9]) P. Riou et G. Delorme, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 300.
([10]) R.-F. Marie-Victorin, *Flore laurentienne*, p. 394.

Teneur en fer et en manganèse.

Ulmus...	*americana.*		*racemosa.*		*fulva.*	
	Fer.	Manganèse.	Fer.	Manganèse.	Fer.	Manganèse.
Écorce...	0,0145	0,0030	0,0160	0,0065	0,0107	0,0029
Aubier...	0,0048	0,0009	0,0011	0,0000	0,0022	0,0005
Cœur....	0,0022	0,0002	0,0013	0,0000	0,0040	0,0001
Rameaux.	0,0068	0,0020	0,0054	0,0033	0,0057	0,0012
Feuilles..	0,0245	0,0039	0,0100	0,0039	0,0245	0,0020

On doit remarquer que les cendres des ormes étudiés sont très pauvres en manganèse, ce qui confirmerait la limite de l'assimilation du manganèse par la plante en sol calcaire.

On constate encore ici une présence plus grande du fer et du manganèse dans les parties actives de l'arbre (feuilles et rameaux).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations des réactions aux lésions superficielles en fonction de leur surface* (*fruits d'*Iris pallida *Lam.*). Note de M. **Roger Ulrich**, présentée par M. Marin Molliard.

Les fruits d'*Iris pallida* cicatrisent normalement leurs blessures au laboratoire lorsqu'on place leur pédoncule dans l'eau. Des observations antérieures ont montré que les réponses aux traumatismes dépendent de conditions multiples dont les plus importantes sont le degré hygrométrique et la température de l'air, la forme de la blessure (plane ou anfractueuse), la nature des tissus lésés ([1]). Pour rechercher si la surface des lésions intervient dans la cicatrisation il faut donc que, pour tous les organes en observation, ces conditions soient comparables.

Les fruits utilisés avaient atteint leur taille maxima (45 à 55^{mm} de long), mais ils étaient encore verts et charnus. Les blessures, de surface plane, étaient effectuées au rasoir tangentiellement sur le côté des fruits. Nous examinerons seulement ici l'influence de la surface de la lésion sur la perte d'eau et sur l'évolution des tissus cicatriciels.

A. *Perte d'eau.* — La série correspondant aux résultats ci-contre

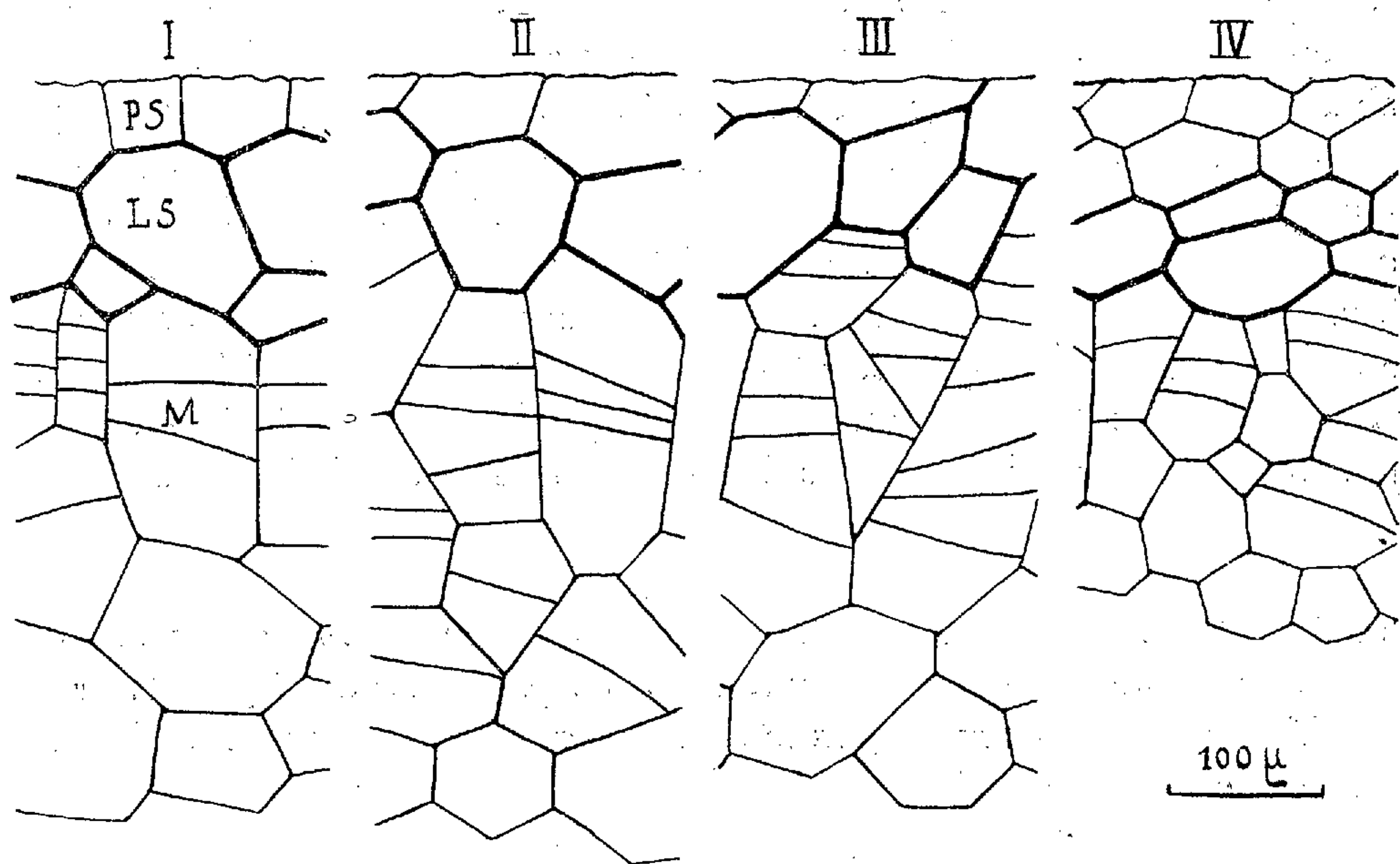
([1]) Ces observations, ainsi que d'autres auxquelles il est fait allusion plus loin, ont été exposées en détail (R. Ulrich, *Réactions des fruits aux blessures expérimentales, Thèse Sc. Nat.*, Paris, 1936, et *Rev. gén. Bot.*, 48, 1936, p. 354).

comportait cinq fruits alimentés en eau et placés à l'obscurité dans une étuve réglée à 20°; la section du pédoncule était rafraîchie chaque jour. Le témoin non blessé a perdu pendant l'expérience de 66 à 33^{cg} d'eau par jour. Les fruits blessés, numérotés de I à IV, portaient des lésions dont la surface est inscrite dans le tableau qui suit. Les résultats concernant la perte d'eau ont été obtenus par pesée.

Excédents de transpiration par rapport au témoin (en cg. par 24 heures).

	I (6,4 cm²)		II (4,6 cm²)		III (2,7 cm²)		IV (0,8 cm²)	
	total.	par cm².	total.	par cm².	total.	par cm².	total.	par cm².
1er jour	188	29	96	20	86	31	72	90
2e »	136	21	81	17	64	23	48	60
3e »	139	21	84	18	68	25	48	60
4e »	139	21	81	17	67	24	50	62
5e »	133	20	83	18	57	21	45	61
6e »	141	22	72	15	55	20	38	47

Ce tableau montre que *la perte d'eau augmente rapidement avec l'étendue*



Tissus cicatriciels de 4 fruits d'Iris correspondant à ceux du tableau ci-dessus. Les prélèvements ont été effectués dans la région centrale de la lésion, 6 jours après le traumatisme.

des blessures. En faisant provisoirement abstraction du fruit n° IV, on peut remarquer qu'il y a à peu près proportionnalité entre ces deux grandeurs.

Chaque élément de lésion subit donc la même déshydratation, mais le transit d'eau à travers le fruit entier augmente beaucoup avec la surface de la blessure. On peut en outre noter que la transpiration journalière diminue au cours de l'expérience; ce fait s'explique facilement par la différenciation des tissus cicatriciels peu perméables. Quant au fruit n° IV du tableau précédent, il n'est pas exactement comparable aux autres. Les très petites blessures n'affectent en effet que les tissus superficiels; or chez l'Iris, l'épiderme et les tissus chlorophylliens sous-jacents réagissent moins énergiquement aux blessures que le parenchyme plus profond.

B. *Tissus cicatriciels.* — On sait que sous les blessures planes la cicatrisation des parenchymes s'effectue en plusieurs étapes correspondant à l'apparition successive des formations suivantes de plus en plus profondes : parenchyme sacrifié (*fig.* I, PS), lame ligno-subéreuse (LS), méristème (M) engendrant du liège et du phelloderme. L'observation de nombreuses cicatrices, dont quelques-unes sont figurées ci-dessus, montre que, *du point de vue anatomique, les réactions des fruits isolés varient peu avec la surface des blessures;* il y a une légère atténuation des réactions sous les très grandes lésions, mais on observe encore des divisions actives et des modifications des membranes lorsque le fruit a subi trois larges ablations tangentielles sur ses faces latérales. On peut donc supposer que les besoins matériels des fruits en cours de cicatrisation sont faibles; il leur faut surtout de l'eau pour compenser les pertes par évaporation. Remarquons enfin que la grande analogie des tissus cicatriciels formés sous des lésions perdant la même quantité d'eau par unité de surface vient compléter les observations antérieures sur la cicatrisation en milieu plus ou moins humide : tous ces faits tendent à prouver que les échanges d'eau jouent un rôle essentiel dans la différenciation des tissus de blessure.

CHIMIE AGRICOLE. — *Nature et composition de la matière organique des phosphates de l'Afrique du Nord. Étude du phosphate de Gafsa.* Note de MM. **Victor Vincent** et **Pierre Boischot**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nos recherches ont été faites sur les phosphates noduleux grisâtres de Gafsa qui sont les plus colorés. Les grains phosphatés qui les constituent, colorés du jaune au jaune rougeâtre (rouille), abandonnent un revêtement organique sous l'action de l'acide chlorhydrique étendu. La matière orga-

nique isolée, traitée par l'acide sulfurique iodé, donne la coloration bleue de la cellulose (de même la tourbe); séparée, elle reste en suspension en milieu aqueux et prend l'aspect des coagulums d'humus; elle est partiellement soluble dans les alcalins et précipite, comme les solutions d'humus, par neutralisation ou mieux en présence de l'acétate de plomb; sa capacité en chaux est équivalente à celle de l'humus des sols. Sa teneur en azote l'apparente aux tourbes et aux matières organiques des terres acides, mais elle en diffère par une richesse plus élevée en extractifs éthérés, plus acides, et par un peu plus de phosphore organique. Elle ne renferme aucun tissu végétal ou animal, même en voie de destruction, et, tout au moins dans les échantillons examinés ici, ne semble pas retenir de diatomées.

Composition pour 100 *de matière organique* (sans cendres).

Azote	2,89
P^2O^5 du phosphore organique	0,05
Extrait éthéré	12,10
Extrait alcoolique	2,75
Acidité exprimée en SO^4H^2 de l'extrait éthéré	3,08
Acidité exprimée en SO^4H^2 de l'extrait alcoolique	0,32
Humus soluble dans la soude à 2 pour 1000	2,07
Capacité totale en CaO	7,03
CaO correspondant à l'acidité des extraits	1,94
Capacité en CaO de la matière organique humifiée	5,09

En résumé, la coloration des phosphates sédimentaires est due à un dépôt, à la surface de leurs grains, de matière organique humifiée d'origine végétale, à laquelle s'est associée de la matière organique animale; celle-ci se manifeste par l'abondance de l'extrait éthéré acide et un surplus de phosphore organique. Les transformations organiques d'humification semblent s'être accomplies en milieu aquatique comme le laisse entendre l'analogie de composition avec les tourbes des terres acides.

Le calcaire en excès qui accompagne ces phosphates a été apporté lors de dépôts géologiques ultérieurs; le pH de ces phosphates débarrassés de leur gangue calcaire correspond à la neutralité.

ZOOLOGIE. — *Sur* Sphæractinomyxon danicœ *n. sp.*, *Actinomyxidie parasite d'un Oligochète du lac d'Ochrida*. Note de M. **Jivoïn Georgevitch**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les recherches récentes sur la faune du lac d'Ochrida ont mis en évidence beaucoup de formes relictes tertiaires, surtout parmi les Gastéropodes et les Oligochètes. Ce phénomène, presque unique dans la faune paléarctique, rappelle la faune du lac Baïkal, étudiée jadis par Dybowski. J'ai eu l'idée de chercher parmi les formes rélictes d'Oligochètes, des Actinomyxidies, et j'en ai trouvé, en août dernier, une espèce nouvelle dans l'intestin d'un *Eiseniëlla* lacustre. Ces vers, de couleur brun marron ou gris marron, atteignant 10-15^{cm} de longueur, sont parasités dans la proportion de 1 sur 20 à 30. L'infection ne peut être reconnue de l'extérieur; quand elle existe, elle est ordinairement si intense que l'épithélium intestinal paraît remplacé par une couche de parasites. Très souvent la cavité de l'intestin est remplie de kystes. Dans les infections encore plus intenses, les parasites se rencontrent dans la couche des cellules chloragogènes, et même au delà dans le cœlome, l'épithélium intestinal étant détruit; les coupes montrent alors la dégénérescence de la couche musculaire. Les vers ainsi infectés périssent bientôt en libérant les parasites, et, comme l'espèce est grégaire, l'infestation se propage aisément.

La position systématique de ces Sporozoaires reposant sur la structure des spores, c'est celle-ci dont il va être question ; la sporulation est du type mono-, ou di-, ou polysporée, le premier étant assez fréquent, le second assez rare, le troisième le plus fréquent. Sur le vivant, les kystes nombreux sont sensiblemeut sphériques, formant des vésicules claires, limitées par une membrane mince. On y distingue 8 sphères à paroi nette et assez réfringente, à contenu clair. Ce sont les spores ; elles sont serrées par pression réciproque. Au pôle tourné vers le centre du kyste, la spore présente trois vésicules très réfringentes, piriformes; ce sont les capsules polaires, contenant un filament enroulé. Le reste de la spore est moins réfringent. Les cellules valvaires des spores ne présentent de prolongements d'aucune sorte. Sur des frottis colorés à l'hématoxyline ferrique, on voit le détail de la constitution des cellules d'enveloppe, des capsules polaires et du sporoplasme à nombreux sporozoïtes. Les spores mesurent 30$^{\mu}$ de longueur sur 25$^{\mu}$ de largeur; les capsules polaires atteignent 12$^{\mu}$. Chaque

sporocyste renferme ordinairement 8 spores, mais quelquefois 3, 4 ou 6 seulement. Le pôle antérieur de la spore est plus ou moins étiré, d'où un aspect piriforme. Dans l'intérieur des capsules polaires, on voit un filament sidérophile; chaque cellule capsulogène a un noyau plus ou moins volumineux suivant l'âge de la spore. Ces noyaux et les noyaux valvaires ne sont plus visibles sur les spores mûres. Les jeunes spores, vues par le pôle, montrent trois cellules valvaires et trois capsules polaires, le tout disposé suivant une symétrie ternaire. Je n'ai pas essayé d'obtenir la dévagination

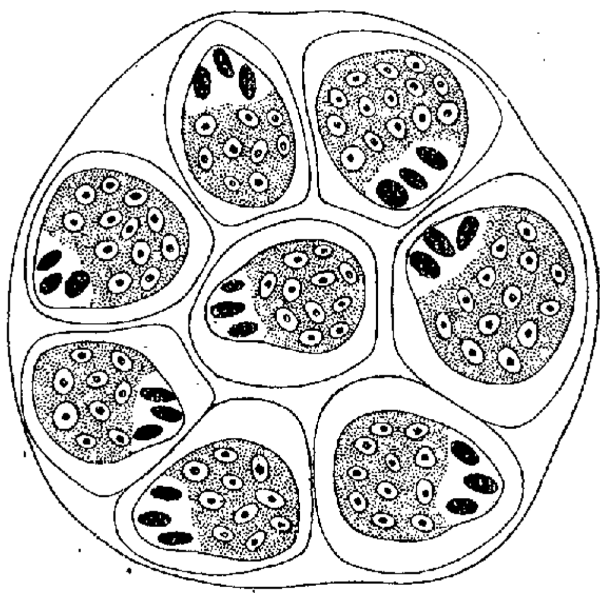


Fig. 1. — Sporocyste à huit spores.

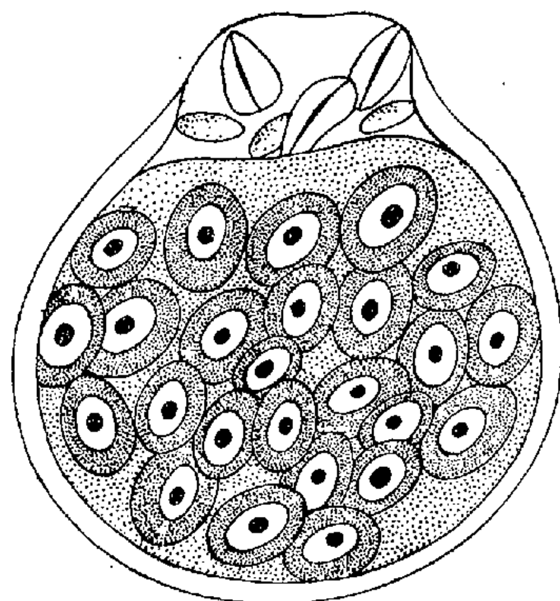


Fig. 2. — Une spore, très grossie.

des filaments spiraux des capsules polaires. D'après Caullery et Mesnil, chez *Spæractinomyxon stolci*, ces filaments sont épais et courts.

Le sporoplasme, sans inclusions, montre d'abord 8 noyaux, puis 16, 24 et même 32. Ces noyaux sont diploïdes et offrent 4 chromosomes lors de leur division. Par la concentration du protoplasme autour de ces noyaux, se délimitent des sporozoïtes arrondis de 5 à 7^{μ}, avec un gros caryosome dans un halo, entouré de cytoplasme finement granuleux.

Par ces caractères et surtout par l'absence de prolongements valvaires, cette Actinomyxidie se range dans le genre *Sphæractinomyxon* Caullery et Mesnil. Son habitat et ses caractères morphologiques en font une espèce nouvelle *Sph. danicœ* dont voici la diagnose :

Spores groupées par 8 *dans un sporocyste, sphéroïdales ou légèrement piriformes, sans prolongements valvaires. Sporoplasme à* 32 *noyaux ou sporozoïtes. Dimensions de la spore,* $30^{\mu}:24^{\mu}$, *dont* 12^{μ} *pour les capsules polaires. Parasite d'*Eiseniella sp. *du lac d'Ochrida.*

PHARMACODYNAMIE. — *Sur les effets hypotenseurs et sympathicolytiques majeurs de l'hydrocinchonidine.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Paul Portier.

La découverte du pouvoir sympathicolytique majeur de l'aricine, alcaloïde qui a été extrait d'un Quinquina, le *Cinchona Pelletieriana* Weddell, mais dont la constitution moléculaire est encore totalement inconnue (¹), nous a incité à rechercher si un tel pouvoir n'appartient pas aussi à quelques-uns des alcaloïdes que leur formule chimique rapproche très étroitement de celle de la quinine. Nous avons été amené ainsi à constater que l'hydrocinchonidine est un sympathicolytique majeur, c'est-à-dire inverse parfaitement les effets hypertenseurs de l'adrénaline.

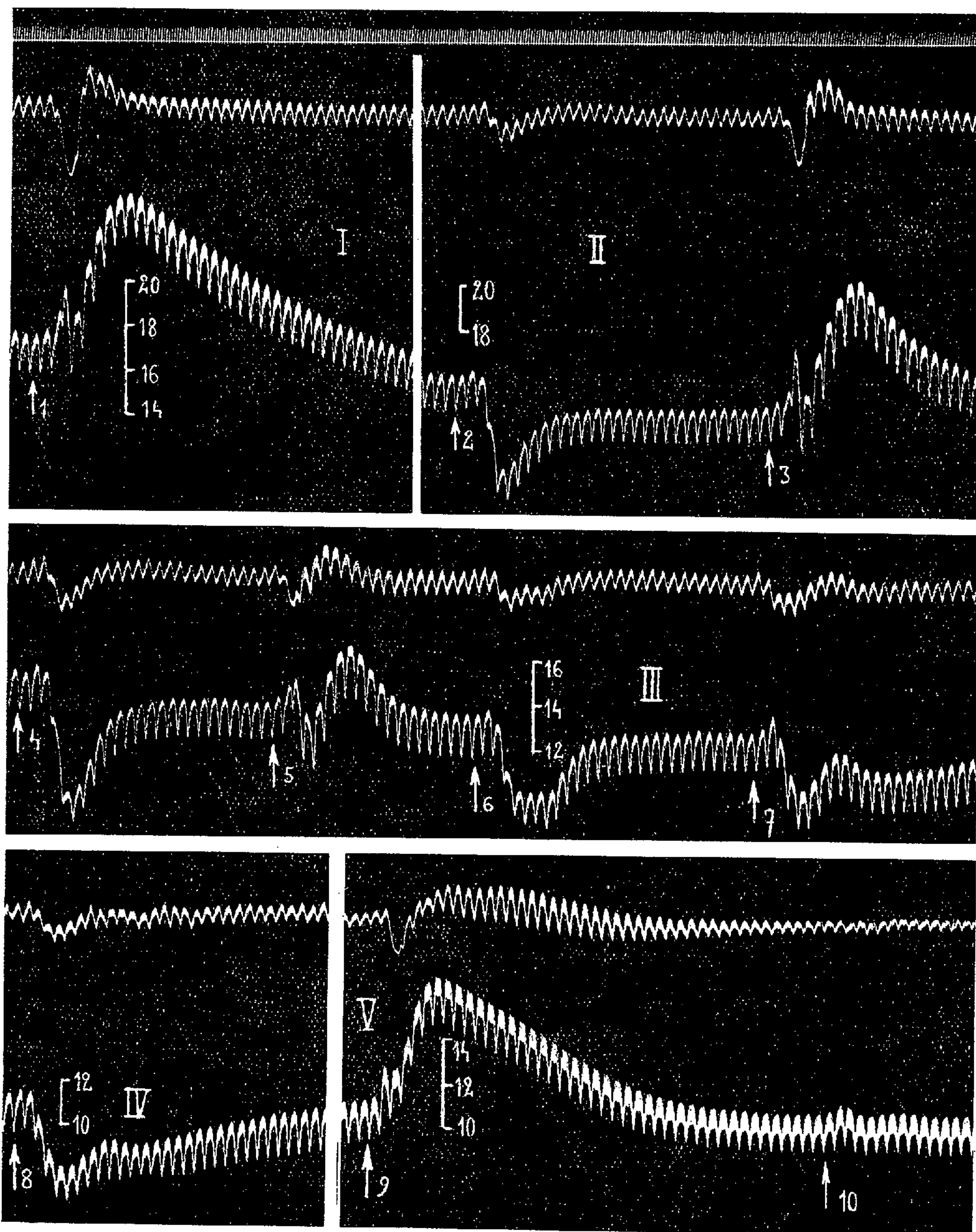
Dans l'expérience dont le tracé est reproduit ici, la pression carotidienne, après injection de $0^{mg},01$ d'adrénaline, s'était élevée de 176 à 198^{mm}, puis, après être redescendue à 187^{mm}, était montée à 240^{mm}, soit à 64^{mm} de Hg au-dessus de son niveau initial. Le rein avait réagi à cette injection par une très nette vasoconstriction avec abolition du pouls rénal.

Après une injection de $2^{mg},5$ de sulfate d'hydrocinchonidine par kilogramme, qui, après avoir abaissé la pression carotidienne de 160 à 118^{mm}, l'avait laissée pendant assez longtemps au niveau de 146^{mm}, l'administration de la même dose d'adrénaline qu'au début de l'expérience avait fait passer cette pression de 147 à 174^{mm}, à 154^{mm}, puis à 204^{mm}, c'est-à-dire ne l'avait plus élevée que de 57^{mm} de Hg, en même temps qu'elle n'avait plus provoqué qu'une vasoconstriction rénale amoindrie.

Après une seconde injection, celle-ci de 5^{mg} de sulfate d'hydrocinchonidine par kilogramme, l'adrénaline, à la même dose qu'auparavant, a d'abord haussé la pression carotidienne de 141 à 152^{mm} puis, après l'avoir abaissée à 137^{mm}, l'a amenée à 165^{mm}, soit à 24^{mm} de Hg seulement au-dessus de son niveau initial; le rein n'a plus réagi que par une légère et passagère vasoconstriction et par une faible diminution de son pouls.

Quand l'animal eut reçu une troisième injection de sulfate d'hydrocinchonidine, celle-ci de 10^{mg} par kilogramme, la pression carotidienne, en réponse à une dose d'adrénaline égale aux précédentes, s'éleva de 130 à 137^{mm}, s'abaissa à 104^{mm}, se haussa à 121^{mm}, s'abaissa à 112^{mm} puis revint peu à peu au voisinage de son niveau initial, cependant que le rein ne

(¹) Raymond-Hamet, *Bull. de l'Acad. de Méd.*, 3ᵉ série, 120, 1938, p. 35-42.



Expérience du 3 août 1938. Chien ratier à poils ras, de 13kg, anesthésié par le chloralose (14cg par kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. 1re ligne : temps en secondes. 2e, 4e et 6e lignes : variations du volume du rein enregistrées par l'oncographe d'Hallion et Comte par nous modifié. 3e, 5e et 7e lignes : modifications de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. Aux points marqués par les flèches, on a injecté, dans la saphène : en 1, 3, 5, 7, 8 et 10, 0mg,01 d'adrénaline ; en 9, 0mg,10 d'adrénaline ; en 2, 32mg,50 ; en 4, 65mg ; en 6, 130mg de sulfate d'hydrocinchonidine. Enfin, entre les tracés IV et V, l'animal a reçu, en outre, 2)2mg,5 de sulfate d'hydrocinchonidine. Tracés réduits des 4/10.

manifestait plus qu'une très faible vasoconstriction initiale sans modification de son pouls.

Enfin quand l'animal eut reçu au total 40^{mg} de sulfate d'hydrocinchonidine par kilogramme, la pression carotidienne réagit à la toujours même dose d'adrénaline en s'abaissant de 117 à 84^{mm}, après quoi elle remonta assez rapidement à 95^{mm}, puis, après s'être infléchie à 93^{mm}, s'éleva lentement et progressivement jusqu'à son niveau initial.

Ayant alors injecté à l'animal une dose 10 fois plus forte d'adrénaline, la pression carotidienne s'éleva de 113 à 169^{mm}, cependant que le rein montrait une vasoconstriction marquée avec abolition du pouls. Quand la pression fut revenue au voisinage du niveau où elle se trouvait avant qu'on n'ait fait agir cette dose forte d'adrénaline, l'injection de $0^{mg},01$ de cette substance, qui avait auparavant provoqué une hypotension de 33^{mm} de Hg, ne modifia plus de façon marquée ladite pression qu'elle fit seulement osciller de 110 à 114^{mm}, puis à 109^{mm}, à 111^{mm} et à 109^{mm}.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Coefficient d'aimantation et signe électrique des solutions d'hématine et d'acéthémine.* Note de Mlle **Paulette Berthier**, présentée par M. Charles Achard.

1° *Mesures magnétiques.* — Ayant disposé de très beaux échantillons d'acéthémine (appelée aussi acétylhémine) et d'hématine préparés suivant la méthode de MM. Piettre et Vila (¹) et mis aimablement à notre disposition par M. Maurice Piettre, nous avons étudié leurs propriétés magnétiques au moyen de la balance magnétique de Curie et Chéneveau munie des derniers perfectionnements apportés par Chéneveau et d'un montage, réalisé par nous, dans lequel la rotation de l'aimant est produite par l'intermédiaire d'un démultiplicateur actionné à la main permettant d'obtenir une rotation à la fois très lente et très régulière.

L'hématine et l'acéthémine ont été dissoutes dans une solution de soude N/10; les coefficients d'aimantation de l'hématine et de l'acéthémine ont été obtenus par la comparaison des susceptibilités magnétiques relatives aux solutions de ces corps et à la solution de soude utilisée comme solvant par application de la loi d'additivité. Les mesures ont fourni les résultats suivants :

	Hématine.	Acéthémine.
k.......	$+1,17.10^{-6}$	$+1,83.10^{-6}$

(¹) *Comptes rendus*, 141, 1905, p. 734 et 1401.

Des mesures analogues faites sur un échantillon d'hémoglobine préparée par M. Maurice Piettre et étudiée également en solution déci-normale de soude ont fourni $k = + 0,56 . 10^{-6}$.

2° *Signe électrique.* — Les mesures d'électrophorèse effectuées sur les solutions d'hématine et d'acéthémine dans la soude déci-normale n'ont donné aucun résultat net par suite de la forte conductibilité que la présence de soude communique aux solutions.

Nous avons pu obtenir des indications très nettes sur le signe des deux matières colorantes en solution sodique par des mesures d'ascension capillaire dans des bandes de papier à filtrer faites sur des solutions de concentration en hématine où acéthémine égales à 1g pour 1000. Les expériences ont été réalisées suivant les précautions indiquées par M. Boutaric ([2]) dans une atmosphère saturée d'humidité; on a relevé à divers instants t les hauteurs d'ascension h de la matière colorante et H du milieu solvant de manière à pouvoir calculer les quotients h/H.

Les expériences ont été faites sur la solution d'hématine ou d'acéthémine dans la soude déci-normale (A), sur la même solution dans laquelle un quart de la soude avait été neutralisé par ClH (B), et enfin sur une solution dans laquelle la soude avait été totalement neutralisée par ClH (C); toutes ces solutions renfermaient 1g d'hématine ou d'acéthémine par litre de solution.

Les résultats des mesures sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

	A.			B.			C.		
t.	*h.*	H.	*h*/H.	*h.*	H.	*h*/H.	*h.*	H.	*h*/H.
				Solutions d'hématine.					
15 min....	7,8 cm	8,5	0,917	6,9	8,5	0,817	5,4	8,5	0,635
30 min....	10,7	12,1	0,884	9,5	12,0	0,790	7,6	12,2	0,622
45 min....	12,6	14,7	0,857	11,4	14,7	0,777	9,0	15,3	0,589
1 heure...	14,9	17,0	0,823	12,95	17,0	0,761	10,3	17,5	0,588
				Solutions d'acéthémine.					
15 min....	7,8	8,3	0,939	7,3	8,7	0,839	5,5	8,5	0,658
30 min....	10,8	11,8	0,915	10,0	12,5	0,800	8,0	12,3	0,650
45 min....	13,0	15,4	0,903	12,3	15,5	0,794	10,0	15,4	0,649
1 heure...	14,7	17,0	0,864	14,1	17,7	0,797	11,0	17,0	0,647

([2]) A. Boutaric, *Journal de Chimie physique*, **32**, 1935, p. 618; *Bulletin de la Soc. de Chimie biologique*, **17**, 1935, p. 1522; **18**, 1936, p. 1147 et 1817; *Annales de la Soc. scientifique de Bruxelles*, **57**, 1937, p. 39.

Les valeurs obtenues pour h/H sont voisines de l'unité et comparables à celles que fournissent dans les mêmes conditions les matières électronégatives comme l'éosine (après une ascension de 15 minutes on obtient $h/H = 0,709$) et très différentes de celles qui caractérisent les matières électropositives comme le bleu de méthylène pour lequel les valeurs de h/H sont toujours très inférieures à l'unité (après une ascension de 15 minutes on obtient $h/H = 0,180$). On peut en conclure que dans les solutions envisagées l'hématine et l'acéthémine sont électrisées négativement, le caractère électronégatif s'atténuant à mesure qu'on neutralise la soude, mais conservant son signe.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *La reviviscence de fibres musculaires vitrifiées dans l'air liquide.* Note de MM. **Basile Luyet** et **Grégoire Thoennes**, présentée par M. Louis Lapicque.

L'eau d'un colloïde aqueux cristallise lorsque sa température descend au-dessous de zéro; mais, si l'on expose le colloïde lorsqu'il est encore liquide, à des températures beaucoup plus basses, par exemple, en le plongeant, en couches minces, dans l'air liquide, il prend l'état vitreux ([1]). Nous avons montré que le protoplasme de cellules végétales vitrifiées n'est pas désorganisé et n'a pas perdu ses propriétés osmotiques ([2]), tandis que le protoplasme des cellules gelées est mort. Dans cette Note nous présentons les résultats d'expériences similaires faites sur le tissu musculaire strié de grenouille.

Un tronçon mesurant environ 1^{cm} de long et 3^{mm} de diamètre est découpé longitudinalement dans un des muscles de la cuisse de l'animal (*Rana pipiens*). Au moyen de deux pinces fines appliquées à une des extrémités du tronçon, on divise ce dernier en deux faisceaux longitudinaux. L'un des faisceaux résultants est divisé, à son tour, en deux et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on arrive à un faisceau contenant 5 à 10 fibres. Celui-ci est alors déposé transversalement sur les deux dents d'une fourchette en fil métallique mince, distantes de 5^{mm} environ, où il adhère. Les extrémités du faisceau qui dépassent sont coupées avec de fins ciseaux à dissection. La préparation est alors plongée dans l'air liquide (—190° environ) où elle

([1]) B. Luyet, *Biodyn.*, 29, 1937, p. 1.
([2]) B. Luyet et G. Thoennes, *Science*, 88, 1938, p. 284.

reste quelques secondes, puis elle est plongée brusquement dans une solution de Ringer à 20° destinée à la réchauffer rapidement et à l'empêcher de cristalliser lorsqu'elle traverse la zone de températures dangereuse (de 0° à —15° environ). Après une minute, le faisceau, avec une petite goutte de la solution de Ringer, est transporté sur une lame porte-objet et celle-ci est déposée sur la platine du microscope. Le courant d'une bobine d'induction est ensuite lancé dans le faisceau. On observe alors que quelques fibres, souvent la plupart des fibres présentes, se contractent.

En comparant les résultats ainsi obtenus avec ceux donnés par des faisceaux témoins, on se rend compte qu'en général le traitement par l'air liquide ou le réchauffement qui le suit diminuent légèrement la vivacité de la réaction chez plusieurs fibres.

Si, au lieu de plonger les préparations dans la solution de Ringer après leur immersion dans l'air liquide, on les laisse se réchauffer lentement à l'air, on n'obtient généralement aucune réaction. Cependant, dans quelques cas, nous avons noté une réponse qui, quoique faible, était évidente. S'agit-il de fibres qui échappent au gel, à cause peut-être de la dessiccation qui se produit naturellement pendant les manipulations préparatoires ? Ou y a-t-il d'autres facteurs, encore inconnus, qui influencent la résistance des faisceaux musculaires exposés, sous de faibles épaisseurs, aux basses températures ? Nous ne saurions le dire pour le moment.

Une immersion de 5 heures dans l'air liquide nous a donné les mêmes résultats qu'une immersion de 2 secondes.

Il est intéressant de remarquer qu'il n'a jamais été nécessaire de déshydrater au préalable le muscle pour rendre les fibres résistantes à l'épreuve de l'air liquide.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Mode de formation et constitution du rouge de scatol urinaire.* Note de MM. **Maurice Rangier** et **Pierre de Traverse**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

Nous avons démontré (1) que, dans la réaction du rouge de scatol (qui consiste à traiter l'urine par de l'acide chlorhydrique en présence d'un oxydant léger, ClO^3K à 5 pour 1000), la coloration rouge soluble dans

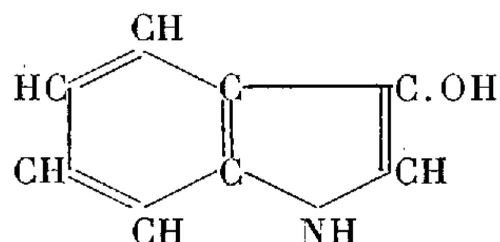
(1) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1073.

l'alcool amylique prenait naissance aux dépens de l'urochrome. Nous nous sommes demandé quel était son mode de formation aux dépens de ce pigment.

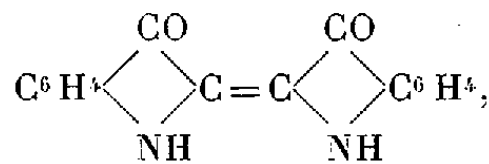
Dans ce but, après avoir préparé de l'urochrome, purifié par dialyse, pour lui enlever les dérivés indoxyliques (indoxyl-sulfates et indoxyl-glycuronates) qui auraient pu éventuellement être retenus par le noir et élués par l'ammoniaque, nous avons opéré comme suit :

Après avoir hydrolysé avec 2 pour 100 d'acide sulfurique au bain-marie pendant 30 minutes environ, une solution aqueuse concentrée d'urochrome, nous avons laissé refroidir l'hydrolysat qui a été ensuite épuisé dans une boule à décantation par un égal volume d'éther ordinaire. A la fin de l'opération, la couche surnageante éthérée est colorée en jaune, tandis que la couche sous-jacente a pris une coloration rouge brun foncé. L'évaporation de l'éther d'épuisement, après décantation, donne d'abondants cristaux jaunes, solubles dans l'eau et dans l'alcool. La solution aqueuse possède une belle fluorescence jaune et par évaporation donne des cristaux jaunes fondant à 85°. Le produit obtenu se résinifie facilement, les solutions chlorhydriques rougissent au contact de l'air, surtout à chaud et le colorant rouge est soluble dans l'alcool amylique et l'alcool éthylique; il est presque insoluble dans l'eau. Le colorant est identique au rouge de scatol préparé en partant de l'urochrome ou de l'urine. De plus, si l'on ajoute à la solution aqueuse quelques gouttes de perchlorure de fer, on obtient une coloration bleue intense.

Les cristaux jaunes, provenant de l'hydrolyse de l'urochrome et solubles dans l'éther, sont de l'indoxyle ou β-oxyindol de formule



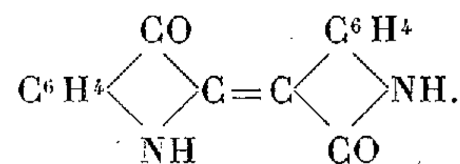
En présence de perchlorure de fer, il se forme du bleu d'indigo ou indigotine



mais, en milieu chlorhydrique et par oxydation lente ([2]), il se forme de

([2]) L. Maillard, *Comptes rendus*, **132**, 1901, p. 990.

l'indirubine



Notons que l'indirubine obtenue se polymérise rapidement (³) pour donner des produits extrêmement condensés, brun chocolat, insolubles dans l'eau, dans l'alcool éthylique et l'alcool amylique. Les produits de condensation sont très stables et difficilement hydrolysables. Par l'action des lessives alcalines bouillantes, nous n'avons pu revenir au noyau de l'indoxyle; on sent cependant d'une façon très nette au cours de cette opération l'odeur de jasmin caractéristique de l'indol. La stabilité de ces substances rouges ne nous avait pas permis d'en déterminer la nature, en opérant sur le *rouge de scatol* extrait par l'alcool amylique d'une grande quantité d'urine; mais nous avions déjà remarqué au cours de nos essais d'hydrolyse par les alcalis (potasse et soude) l'odeur pénétrante de jasmin du noyau indolique. La facilité avec laquelle se polymérise le produit d'extraction amylique, ne nous avait donné aucun résultat concluant par l'analyse spectrale.

Il résulte de cet ensemble de faits que le mode de formation du rouge de scatol urinaire peut s'expliquer ainsi : l'urochrome, pigment jaune des urines normales, corps soufré, contient dans sa chaîne polypeptidique le noyau de l'indoxyle. Sous l'influence de l'acide chlorhydrique, il y a hydrolyse du pigment, avec mise en liberté progressive d'indoxyle, qui s'oxydant lentement donne naissance à de l'indirubine, soluble dans l'alcool amylique. Le chromogène est l'urochrome et le colorant est de l'indirubine et non du rouge de scatol. La substance rouge ou indirubine se polymérise rapidement, pour donner des dérivés brun chocolat insolubles dans l'eau, l'alcool amylique et l'alcool éthylique.

En résumé, le colorant rouge de scatol, uroroséine, uromélanine, uroérythrine, purpurine, urohématine, est de l'indirubine. Il prend naissance aux dépens du noyau indoxylique de l'urochrome, pigment jaune des urines normales par hydrolyse chlorhydrique et oxydation lente, par les oxydants légers (ClO^3K à 5 pour 1000) ou par l'oxygène de l'air.

(³) L. Maillard, *Comptes rendus*, 134, 1902, p. 470.

IMMUNOLOGIE. — *Sur des méthodes de production rapide et intensive des antitoxines diphtérique et tétanique chez le cheval.* Note de M. **Gaston Ramon**, présentée par M. Louis Martin.

Divers progrès ont été réalisés, depuis une douzaine d'années, en ce qui concerne l'obtention, chez le cheval, des sérums antidiphtérique et antitétanique. Ces progrès ont trait plus particulièrement *a.* à l'utilisation de chevaux possédant, préalablement à leur hyperimmunisation, un certain degré d'immunité spécifique soit à la suite de l'immunisation naturelle (immunité antidiphtérique), soit grâce à l'immunisation artificielle (au moyen de la vaccination antitétanique) ([1]); *b.* à l'emploi pour l'hyperimmunisation, d'anatoxines diphtériques et tétaniques de valeur antigène intrinsèque relativement élevée; *c.* à la mise en œuvre de substances adjuvantes de l'immunité, par exemple le tapioca, le chlorure de calcium, ajoutées à l'anatoxine avant son injection sous la peau du cheval ([2]).

Mettant à profit ces progrès, nous avons, ces derniers temps, chercher à perfectionner encore nos techniques afin d'obtenir, aussi rapidement que possible, une production abondante soit de l'antitoxine diphtérique, soit de l'antitoxine tétanique.

Antitoxine diphtérique. — Nous avons utilisé, chez les 13 chevaux appartenant à une première série, une technique analogue à celle dont nous nous servions antérieurement; 7 injections sous-cutanées de doses progressivement croissantes : 20^{cm^3}, 50, 100, 150, 250, 350 et 400^{cm^3}, soit au total 1320^{cm^3} d'anatoxine diphtérique (40 unités) additionnée de tapioca. Ces 7 injections étaient administrées en l'espace de 24 jours. Les sérums recueillis lors de la saignée faite 33 jours après le début de l'hyperimmunisation titraient en moyenne 1250 unités, les titres extrêmes allant de 500 à 2100 unités.

Pour les 10 chevaux d'une deuxième série, la durée de l'hyperimmunisation a été la même que pour la série précédente, mais il n'a été fait que 6 injections : 20^{cm^3}, 50, 100, 150, 250 et 400^{cm^3}, soit 970^{cm^3} d'anatoxine

---

([1]) G. Ramon, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1303; G. Ramon et P. Descombey, *Annales Institut Pasteur*, **41**, 1927, p. 834; *C. R. Soc. Biol.*, **105**, 1930, p. 1202; G. Ramon et E. Lemétayer, *C. R. Soc. Biol.*, **106**, 1931, p. 21.

([2]) G. Ramon, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 157; *Annales Institut Pasteur*, **47**, 1931, p. 359.

additionnée de tapioca. Le titre moyen des sérums prélevés chez ces animaux, 33 jours après le commencement de l'hyperimmunisation, était de 1125 unités, les titres extrêmes variant de 350 à 2800 unités.

Enfin les 12 chevaux d'une troisième série ont été soumis, comme dans la seconde, à 6 injections d'anatoxine + tapioca : 20^{cm^3}, 50, 100, 150, 250 et 400^{cm^3}, mais en l'espace de 18 jours au lieu de 24 et les dosages pratiqués dans les sérums récoltés chez ces animaux, 27 jours seulement après la première injection d'anatoxine au tapioca, ont montré que la valeur antitoxique de ces sérums oscillait entre 550 et 2400 unités, la valeur moyenne étant de 1250 unités.

Il résulte de l'ensemble des renseignements et des résultats apportés et particulièrement de ceux qui concernent le troisième essai, que l'on peut obtenir, en un temps plus ou moins réduit, une production régulière et très abondante d'antitoxine diphtérique (1200 unités en moyenne pour les trois séries). Signalons, à titre de comparaison, qu'avant l'emploi de l'anatoxine et des substances adjuvantes de l'immunité le titre moyen des sérums antidiphtériques n'excédait guère 400 unités et cela après une période d'immunisation qui, avec les méthodes anciennes, durait de 2 à 3 mois et comportait l'injection de nombreuses doses d'antigène représentant au total de 2 à 3 litres.

Antitoxine tétanique. — Dix chevaux vaccinés contre le tétanos, une ou plusieurs années auparavant, au moyen de deux ou trois doses (10^{cm^3}) d'anatoxine tétanique (au tapioca) reçoivent, sous la peau, en l'espace de 4 semaines, 7 injections : 20^{cm^3}, 60, 100, 150, 250, 350, 450^{cm^3}, soit en totalité 1380^{cm^3} d'antigène tétanique additionné de tapioca. La première récolte de sérum est faite 8 jours après la dernière injection, soit 5 semaines après la première. D'après les dosages effectués, le titre des sérums était compris entre 1600 et 10000 unités, il atteignait en moyenne 4000 unités. Il y a 12 ans, il fallait de 4 à 6 mois, une vingtaine d'injections au moins pour obtenir des sérums antitétaniques dont la valeur moyenne était inférieure à 300 unités.

Ainsi, grâce aux progrès successivement réalisés, il est possible d'obtenir, à l'heure actuelle, en un temps fort court, en utilisant une faible quantité d'antigène, des sérums antidiphtériques et antitétaniques de valeur antitoxique élevée. En dehors des avantages économiques qu'elle comporte, l'obtention de tels sérums présente un réel intérêt pour les applications thérapeutiques. Ces sérums facilitent, en effet, le traitement spécifique tout en accroissant ses chances de succès. De plus, en ce qui concerne par

exemple la séro-prévention d'urgence du tétanos chez le blessé, l'emploi de sérum antitétanique sous forme d'une véritable solution d'antitoxine ne renfermant qu'une proportion minime de protéine sérique, qui peut être réduite encore par la purification, diminue les risques d'accidents sériques.

BACTÉRIOLOGIE. — *De l'influence favorisant la croissance bactérienne par l'introduction préalable de vitamines* B 1 *et* B 2 *combinées et à doses variées, dans le milieu de culture.* Note (1) de MM. **Auguste Sartory, Jacques Meyer** et **Dominique Schmutz.**

Nous avons examiné (2) le rapport entre la dose d'une vitamine employée séparément et la quantité de bactéries initialement ensemencées, en contrôlant l'activation de la croissance bactérienne. En continuant nos expériences nous avons étudié l'influence sur l'activation de la croissance bactérienne par l'introduction dans les milieux de culture de *vitamines* B 1 *et* B 2 *combinées* et à doses variées.

Toutes ces expériences ont été effectuées au moyen de $0^{cm^3},1$ d'émulsion bactérienne initialement ensemencée.

Nous apportons dans le tableau suivant quelques-uns de nos résultats néphélométriques des expériences effectuées sur l'activation de la croissance bactérienne par l'*emploi combiné* de vitamines B 1 et B 2 à doses variantes :

			Dose des vitamines.					Dose des vitamines.			
		B 1...	5γ.	0γ,5.	0γ,05.	0γ,005.		0γ,05.	0γ,05.	0γ,05.	0γ,05.
Heures.	Témoin.	B 2...	5γ.	0γ,5.	0γ,05.	0γ,005.	Témoin.	5γ.	0γ,5.	0γ,05.	0γ,005.
24....	6,0		8,0	6,0	6,0	8,0	8,5	12,0	11,0	10,75	11,25
48....	14,0		11,0	15,0	17,0	14,0	16,5	17,5	18,5	17,25	17,00
72....	19,0		25,0	21,0	19,0	21,0	22,25	24,0	22,25	21,25	22,75

En étudiant ces résultats nous constatons que les deux vitamines combinées ont en général une influence favorable sur la croissance des bactéries. Une faible action inhibitrice du mélange des deux vitamines ne peut être constatée que le troisième jour de culture dans les essais entrepris au moyen de plus petites doses de vitamines.

Ce qui nous frappe le plus c'est que la vitamine B2 à la dose de 5γ, intro-

(1) Séance du 5 décembre 1938.

(2) *Comptes rendus,* 207, 1938, p. 1069.

duite dans le milieu renfermant les différentes concentrations de vitamine B1, occasionne toujours une croissance optima le troisième jour de culture. Ceci semble aussi contradictoire avec nos constatations antérieures au moyen de la vitamine B2 employée séparément. Nous avions en effet constaté que celle-ci avait un effet activant sur la croissance bactérienne seulement à des doses inférieures à $0^{\gamma},05$.

On pourrait donc admettre que la bactérie utilise pour son développement initial en premier lieu la vitamine B1; au cours de ce processus de multiplication une partie seulement de la vitamine B2 disparaît. Le troisième jour le restant de cette vitamine B2 agit seul comme activateur de la croissance, étant donné qu'à ce moment elle existe seule et en quantité très petite, se rapprochant de la dose optima déterminée dans nos essais antérieurs sur la vitamine B2 employée séparément. Nous n'avons cependant pas le droit de conclure dès à présent de ce fait que 5^{γ} constituent la dose optima pour la vitamine B2 dans les essais combinés.

De l'ensemble de nos expériences il résulte que la vitamine B1 est à recommander comme principal activateur de la croissance bactérienne. La vitamine B2 ne semble pouvoir servir d'activateur qu'en combinaison avec la vitamine B1. La vitamine B2 seule semble n'avoir une action stimulante sur le développement bactérien qu'à des doses infiniment petites (plus petites que $0^{\gamma},05$).

Il serait intéressant de rechercher dans quelles concentrations les deux vitamines provoquent ensemble une croissance optima : des investigations ultérieures devront résoudre ce problème.

Des constatations analogues aux nôtres ont été obtenues par Freedmann et Funk [3] au moyen d'un autolysat de levure. Les deux auteurs ont séparé l'action simultanée de la vitamine B1 et B2 par extraction fractionnée au moyen de la terre à foulon.

MICROBIOLOGIE. — *Étude sur le croît microbien en fonction de la quantité de substance nutritive des milieux de culture.* Note [1] de M. **Jean Régnier** et Mlle **Suzanne Lambin**, transmise par M. Vito Volterra.

Afin de connaître l'influence exercée par la quantité de substance nutritive sur la rapidité et sur l'intensité du croît microbien, nous avons étudié

[3] *Proceed. of Soc. f. exp. Biol. a. Med.*, **19**, 1921, p. 198.

[1] Séance du 5 décembre 1938.

quantitativement la multiplication d'un colibacille cultivé à 37°, dans des solutions contenant des quantités variables de peptone bactériologique (peptone pepsique de fibrine).

Les milieux employés, ajustés à pH 7,2, contenaient, pour 1000^{cm^3}, une quantité fixe de NaCl (5^g), et les quantités variables de peptone suivantes : 0^g; $0^g,001$; $0^g,005$; $0^g,020$; $0^g,050$; $0^g,100$; $0^g,250$; $0^g,500$; 1^g; $2^g,50$; 5^g; 10^g et 20^g.

On ensemençait, par centimètre cube, une quantité aussi constante que possible de germes, dénombrés au départ par la méthode de numération microscopique indirecte de Wright et Fries ([1]), puis on comptait, par la méthode des plaques de gélose ([2]), les germes *repiquables* présents dans 1^{cm^3} de culture, aux heures 0 (ensemencement), 2, 4, 6, 8, 24, 30, 48, puis aux jours 3, 5, 8 et 15.

Nous donnons dans le tableau suivant, pour chaque concentration de peptone, la moyenne des résultats obtenus dans deux essais au minimum.

Nombre de germes par centimètre cube.

Age des cultures.	Concentrations du milieu en peptone (grammes, pour 1000^{cm^3}).						
	0^g.	$0^g,001$.	$0^g,005$.	$0^g,020$.	$0^g,050$.	$0^g,100$.	$0^g,250$.
0 heure...	450 000	448 000	530 000	392 500	412 000	540 000	500 000
2 » ...	60 000	380 000	530 000	381 500	441 500	890 000	820 000
4 » ...	23 000	536 000	901 000	625 000	2 055 000	11 100 000	12 900 000
6 » ...	16 000	780 000	1 535 000	2 020 000	5 195 000	23 600 000	33 100 000
8 » ...	6 600	1 335 000	**3 000 000**	4 710 000	7 195 000	25 660 000	51 030 000
24 » ...	4 000	**1 775 000**	2 920 000	12 900 000	**17 150 000**	**35 800 000**	**70 000 000**
30 » ...	1 930	1 610 000	1 930 000	**16 700 000**	14 100 000	20 500 000	28 400 000
48 » ...	670	810 000	287 500	8 750 000	3 815 000	18 475 000	23 800 000
72 » ...	450	275 000	120 000	1 200 000	850 000	7 760 000	18 000 000
5 jours....	–	18 400	47 300	–	–	–	–
8 »	–	–	–	–	–	460 000	–
15 »	–	–	–	–	–	180 000	–
21 »	–	–	–	–	–	–	–

([1]) J. Régnier et L. Neipp, *Bull. Sc. Pharmacol.*, **41**, 1934, p. 152.
([2]) J. Régnieb et S. Lambin, *Bull. Sc. Pharmacol.*, **41**, 1934, p. 7.

Age des cultures.	Concentrations du milieu en peptone (grammes, pour 1000^{cm^3}).					
	$0^{g},500$.	1^{g}.	$2^{g},50$.	5^{g}.	10^{g}.	20^{g}..
o heure...	450 000	485 000	245 000	258 000	380 000	241 000
2 » ...	1 260 000	800 000	441 000	435 000	630 000	380 000
4 » ...	44 300 000	28 900 000	21 020 000	22 325 000	39 800 000	12 880 000
6 » ...	81 900 000	67 500 000	74 250 000	91 450 000	139 000 000	64 440 000
8 » ...	112 000 000	126 600 000	104 166 500	129 700 000	191 000 000	176 660 000
24 » ...	121 000 000	**214 000 000**	183 500 000	149 250 000	243 000 000	332 500 000
30 » ...	**134 000 000**	206 000 000	211 250 000	303 000 000	255 000 000	**380 600 000**
48 » ...	55 600 000	162 000 000	**286 000 000**	**348 000 000**	**363 500 000**	300 000 000
72 » ...	43 000 000	88 000 000	151 500 000	199 200 000	295 000 000	298 500 000
5 jours....	17 000 000	45 000 000	92 100 000	52 800 000	89 000 000	75 000 000
8 »	7 436 000	21 200 000	25 000 000	14 600 000	31 000 000	33 500 000
15 »	2 980 000	–	–	2 795 000	6 300 000	34 600 000
21 »	–	–	–	–	260 000	–

Multiplication du colibacille, à + 37°, dans un milieu liquide contenant des quantités variables de peptone. Dénombrement des germes capables de se reproduire sur gélose.

Ces résultats permettent de constater les faits suivants :

a. En l'absence de peptone, le nombre des germes décroît rapidement. La quantité la plus petite de cette substance permet cependant un accroissement. Cet accroissement varie, tant dans son rythme que dans son intensité, en fonction de la quantité de peptone présente, mais jusqu'à une certaine limite.

b. Ces variations se traduisent de la façon suivante :

La phase de latence, caractéristique des deux premières heures de la culture, est d'autant plus marquée que le milieu est plus pauvre en peptone.

La phase suivante, d'accroissement du nombre des germes en progression géométrique (*phase dite* logarithmique), ne présente sa vitesse maxima de multiplication qu'à partir d'une concentration en peptone de $0^{g},50$ pour 1000. Aux concentrations inférieures, cette vitesse est réduite de façon sensiblement proportionnelle à l'abaissement du taux de la substance nutritive.

Le maximum du nombre des germes est généralement atteint plus vite dans les milieux contenant moins de $0^{g},50$ pour 1000 de peptone. Sa valeur augmente régulièrement en fonction des quantités de peptone, jusqu'à une concentration de 5^{g} pour 1000. Si nous portons les divers maxima obtenus, en fonction des quantités de substance nutritive, nous obtenons une courbe régulière que MM. Vito Volterra et V. A. Kostitzin ont bien voulu étudier (Voir p. 1146).

A la phase de déclin, la destruction des bactéries est nettement plus rapide pour les faibles concentrations nutritives.

c. Enfin, d'une façon générale, *à partir d'une teneur de* 5^g pour 1000, l'augmentation du taux de peptone n'apporte pas de différence sensible dans le cours de la multiplication ou l'intensité du croît.

CHIMIE MÉDICALE. — *Étude des variations des acidités phtaléine et formol sur l'urine des 24 heures de huit diabétiques. Fléchissement de l'acidité formol.* Note de MM. **Jules Chaussin** et **Léon Lescœur**, présentée par M. Charles Achard.

Le maintien de l'équilibre acide-base de l'organisme se traduit du côté de l'urine, par l'apparition dans celle-ci d'une certaine quantité d'acidité libre A (phtaléine) et d'acidité saturée par l'ammoniaque dite acidité formol Af. On considère aussi l'acidité phosphatique maxima possible calculée d'après le P^2O^5 de l'urine A. P.; A-A. P = A. O. acidité organique (Grimbert-Morel); on rapporte généralement ces acidités à l'urée u exprimée en grammes.

L'un de nous a établi sur des individus normaux, éliminant 25^g d'urée environ par 24 heures, et avec 1^l de vin comme boisson, une valeur moyenne pour les symboles

$$\frac{A}{u} = 1{,}35, \qquad \frac{Af}{u} = 2{,}38, \qquad \frac{A + Af}{u} = \frac{AT}{u} = 3{,}73,$$

sur les urines de 24 heures.

Adoptant, dans une première approximation, ces chiffres comme bases physiologiques normales, comparons ceux qui ont été obtenus sur l'urine des 24 heures chez huit diabétiques dont deux, Ger. et Lour., étaient soumis au traitement insulinique, qui a amené la disparition du sucre dans l'urine; tous au régime spécial sans limitation de quantité, comportant l'usage du vin. Les acidités sont exprimées en centimètres cubes de liqueur normale acide.

Sujet......	Ger. (insuline).	Laf.	Méd.	Pau.	Alb.	Bon.	Cr.	Lour. (insuline).	Homme normal.
eserve alcaline.	57,9	57,9	42,3	49,2	46	60	52,1	56,4	
ucose........	traces	21	100,7	102	35,5	77,4	35,5	traces	
ée...........	21,3	26,6	28,3	29,8	32	38,3	39,7	41	
....	1,58	2,20	1,69	1,54	1,95	1,93	1,91	1,75	1,35
f/–............	2,28	1,20	2,47	1,74	3,05	1,70	1,29	1,82	2,38
r/–............	3,86	3,40	4,16	3,28	5,0	3,63	3,2	3,57	3,73
$\frac{- \frac{A}{u}\text{ norm.}}{\frac{A}{u}\text{ norm.}}$ ...	+0,17	+0,63	+0,25	+0,14	+0,44	+0,43	+0,41	+0,29	
$\frac{f - \frac{Af}{u}\text{ norm.}}{\frac{Af}{u}\text{ norm.}}$.	−0,04	−0,52	+0,04	−0,27	+0,28	−0,28	−0,46	−0,23	
$\frac{r - \frac{AT}{u}\text{ norm.}}{\frac{AT}{u}\text{ norm.}}$.	+0,04	−0,09	+0,11	−0,12	+0,34	−0,026	−0,14	−0,05	
O/–............	0,25	0,39	0,43	0,39	0,39	0,37	0,48	0,38	

A/u. — L'hyperacidité à la phtaléine apparaît sur ce tableau comme un caractère commun à tous les diabétiques étudiés; mesurée par le rapport $[(A/u)-(A/u)\text{norm.}]/(A/u)\text{norm.}$, elle va de 14 pour 100 à 63 pour 100; les phosphates insuffisants pour servir de véhicule à tout l'acide à éliminer, il en résulte une proportion d'acides organiques beaucoup plus grande que dans l'urine normale; le rapport A.O/A est voisin de 40 pour 100, sauf dans le cas de Ger. (insulinique) où il est de 25 pour 100.

Af/u. — Six diabétiques sur huit ont une hypoacidité formol nette mesurée par le rapport $[(Af/u)-(Af/u)\text{norm.}]/(Af/u)\text{norm.}$, elle varie de -4 pour 100 à -46 pour 100 pour les deux autres sujets, on a $+4$ pour 100 pour Méd., négligeable, et $+28$ pour 100 pour Alb.

AT/u. — La somme des deux formes de l'acidité nous montre par les valeurs que prend le rapport $[(AT/u)-(AT/u)\text{norm.}]/(AT/u)\text{norm.}$ que l'acidité AT/u est inférieure à la normale chez cinq des sujets à hypoacidité formol; l'hypoacidité de la somme AT/u allant de 9 pour 100 à 14 pour 100;

Ger. insulinique est sensiblement normal à 4 pour 100. Les deux sujets ayant une hyperacidité formol au-dessus de la normale, Méd. et Alb. ont une hyperacidité AT/*u*, de 11 pour 100 et 34 pour 100. Ceux-ci sont les seuls qui ont une réserve alcaline nettement diminuée.

L'un des deux sujets traités à l'insuline Ger. a une acidité formol et une acidité totale sensiblement normales, l'autre Lour., dont l'acidité formol est diminuée, a une acidité totale voisine de la normale.

Conclusions. — L'hyperacidité à la phtaléine chez ces diabétiques est une constatation classique; *l'hypoacidité formol* qui se manifeste 6 fois sur 8 n'a pas été signalée à notre connaissance comme un phénomène fréquent chez les diabétiques; ce fait pose le problème de la recherche des causes de la déficience de l'ammoniogénèse chez certains diabétiques, dont l'hyperacidité A semble une conséquence.

A 16h5m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h30m.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 14 novembre 1938.)

Note de M. *René Audubert*, Application de la théorie de Debye-Hückel au titrage d'un sol de mastic :

Page 914, ligne 19, formule (4), *lire* $= k_a$.

(Séance du 5 décembre 1938.)

Note de MM. *Wilfried Heller* et *Jacques Rabinovitch*, Sur une détermination possible de la topographie des champs magnétiques faibles et hétérogènes :

Page 1088, lignes 2 et 4, page 1089, ligne 6 en remontant, *au lieu de* hétérogène, *lire* non uniforme.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU LUNDI 19 DÉCEMBRE 1938

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

En ouvrant la séance, M. **Aimé Cotton** prononce l'allocution suivante :

MESSIEURS,

L'année qui s'achève a été marquée pour nous par des deuils nombreux et cruels. Ils sont si nombreux que je devrai aujourd'hui, à mon vif regret, me borner à rappeler brièvement le souvenir de ceux qui nous ont quittés. Je vous prie de vous reporter aux allocutions, publiées dans les *Comptes rendus*, que j'ai prononcées lorsque j'avais le pénible devoir d'annoncer leur mort au début de nos séances : je m'étais alors toujours efforcé de retracer à la fois leur vie et leurs travaux.

La Section d'Astronomie a perdu le 18 juillet M. AYMAR DE LA BAUME PLUVINEL, bien connu par les nombreuses expéditions qu'il a faites pour observer les éclipses de Soleil et par ses travaux sur les comètes.

Le 1er février, celle de Géographie et Navigation, son Doyen, M. CHARLES LALLEMAND, dont le nom reste attaché à l'œuvre du Service du Nivellement général de la France.

M. GEORGES URBAIN, de la Section de Chimie, est mort le 5 novembre en pleine activité. Ses recherches patientes sur les terres rares l'avaient conduit à découvrir plusieurs éléments nouveaux et à trouver des lois importantes sur les phénomènes physiques qu'il mettait systématiquement à profit en même temps qu'il appliquait les méthodes de la chimie pure.

La Section de Minéralogie a perdu le 30 juin M. DE LAUNAY. C'est grâce à ce savant surtout que la connaissance des gîtes minéraux et métallifères, naguère encore véritable chaos, doit de s'être peu à peu transformée en une science ordonnée.

La mort de Félix Mesnil, de la Section d'Anatomie et de Zoologie, survenue le 15 février, laisse un grand vide à l'Institut Pasteur. C'est Mesnil qui a trouvé le moyen de caractériser l'individualité des trypanosomes auxquels sont dues bien des maladies tropicales; il a indiqué lui-même plusieurs des agents chimiques qui permettent de combattre efficacement ces maladies.

Plus que toute autre, la Division des Membres libres a été cruellement éprouvée.

Elle a d'abord perdu, le 23 septembre, Maurice d'Ocagne, professeur de géométrie à l'École polytechnique, dont le nom restera toujours attaché à la *Nomographie* et d'une façon générale à ces méthodes qui permettent de remplacer les calculs par des lectures sur des dessins préparés à l'avance;

Puis, le 18 octobre, Paul Helbronner, qui a consacré toute sa vie à l'étude géodésique détaillée de toutes les Alpes françaises, et qui fut bienfaiteur de notre Académie;

André Blondel, enfin, qui a poursuivi dans sa chambre, où il était immobilisé par un mal cruel, une œuvre considérable de savant et d'ingénieur à la fois. Ses travaux sur la lumière et sur la théorie des machines servant à produire les courants électriques ont éclairci de nombreux points obscurs et ont trouvé, comme les nombreux instruments qu'il a imaginés, de multiples applications dans l'industrie.

Un de nos Associés étrangers est aussi mort cette année, le 22 février, le célèbre astronome et physicien George Hale, le fondateur du magnifique Observatoire du Mont Wilson; c'est lui qui en utilisant le phénomène de Zeeman a découvert qu'il existe dans les taches du Soleil un champ magnétique intense.

Nous avons perdu plusieurs de nos Correspondants :

J. A. L. Waddell, de la Section de Mécanique, mort à New-York, le 3 mars 1938;

W. Wallace Campbell, qui a dirigé pendant trente ans un autre grand Observatoire de Californie, l'Observatoire Lick, où il a fait ses belles recherches sur les étoiles variables et sur les vitesses radiales;

Ernest William Brown, astronome de l'Université Yale, dont le nom reste attaché à une œuvre colossale : l'édification d'une nouvelle théorie complète du mouvement de la Lune.

Je dois enfin rappeler le nom de Charles-Édouard Guillaume, depuis si longtemps Correspondant de notre Académie, que nous avons perdu le 13 juin. Ch.-Éd. Guillaume a passé cinquante ans de sa vie au Bureau des Poids et Mesures; c'est là qu'il fit, avec la patience et le soin extrême qui sont de règle au Pavillon de Breteuil, les travaux importants de métrologie qui le firent connaître des physiciens. Ce sont ces travaux qui l'ont conduit ensuite à la découverte de l'invar et de l'élinvar, ces alliages qui ont reçu des applications importantes dans l'industrie de l'horlogerie et qui ont fait partout connaître son nom.

Je renouvelle l'expression de notre sympathie aux familles de ceux que nous avons ainsi perdus. Ils avaient bien rempli leur tâche et l'œuvre qu'ils laissent suffirait déjà pour qu'ils restent présents à notre mémoire.

L'année qui s'achève ne nous a pas seulement apporté ces deuils mais bien d'autres tristesses et des angoisses cruelles. Comment notre pensée n'irait-elle pas aujourd'hui à nos collègues étrangers, particulièrement aux hommes de science, dont les pays ont été brutalement effacés de la carte du monde, à tous ceux qui ont dû souffrir les pires persécutions, ou tout abandonner pour chercher à vivre loin de leur patrie ?

Nous traversons une période étrange et bien triste. La morale privée et publique, le besoin de liberté, les droits de l'homme, le droit des gens, toutes les notions qui nous faisaient croire au progrès de l'humanité se sont obscurcies. Aujourd'hui des pays entiers sont envahis sans déclaration de guerre et soumis aux traitements les plus cruels. On voit, ce qui jamais ne s'était produit pendant une guerre civile, des femmes et des enfants massacrés par des aviateurs étrangers et affamés systématiquement.

Peut-on vraiment considérer ces choses comme inévitables et presque naturelles, et ne devons-nous pas au moins joindre notre voix à celle de tous ceux qui protestent éloquemment contre cette déchéance de l'humanité civilisée ?

*
* *

Je voudrais maintenant, pour échapper un instant à ces pensées qui nous obsèdent, tenir une promesse que j'avais faite au moment où vous m'avez fait l'honneur de m'appeler à la présidence.

Il y a bien longtemps, c'était avant la guerre, je consacrais déjà mes efforts à obtenir la construction en France d'une puissante installation magnétique. Si je le rappelle aujourd'hui, c'est que je tiens à saluer la mémoire d'un de nos anciens Présidents, Paul Appell. Comme Doyen de la Faculté des Sciences de Paris, il avait d'abord fait aboutir une demande, que j'avais adressée en 1912 au Conseil de cette Faculté, d'une subvention de 50000 francs à mettre en réserve pour contribuer à la construction d'un grand électroaimant. Ensuite, devenu Président de l'Académie des Sciences en 1914, Paul Appell avait fait décider la création d'une Commission de l'électroaimant qui montrait bien l'intérêt que portait l'Académie à cette construction. C'est sans doute parce que le Prince Roland Bonaparte se trouvait parmi ses membres qu'il s'intéressa lui-même à ce projet. Il comptait fournir les fonds nécessaires. C'est la guerre de 1914 qui, survenant précisément à ce moment et diminuant ensuite beaucoup sa fortune, l'en a empêché.

Une fois la paix revenue c'est, vous le savez, grâce à la Journée Pasteur que cette construction put être entreprise. Notre éminent Secrétaire perpétuel, M. Émile Picard, a rappelé lui-même comment l'idée d'une Souscription nationale pour les Laboratoires, faite sous forme d'une Journée rattachée à la commémoration du Centenaire de la naissance de Pasteur, fut émise. Ce fut au cours d'une réunion organisée à l'Institut sous la présidence de M. le Maréchal Foch, sur l'initiative de la Société de la Bienvenue Française. Mais ce qu'il n'a pas dit, c'est qu'il joua un rôle prépondérant parmi les membres de l'Institut qui vinrent à cette réunion pour faire ressortir l'insuffisance de nos moyens de recherche. C'est lui qui fut Président du Comité chargé de distribuer les fonds recueillis, fonds qui avaient été donnés à l'Académie pour qu'elle en dispose au mieux des intérêts de la Science.

Nos deux Secrétaires perpétuels, M. Émile Picard et M. Alfred Lacroix, avaient en commun, dès le mois de septembre 1917, émis expressément le vœu suivant : « l'Académie serait heureuse que des dons lui permissent de participer elle-même à la création de centres de recherches devant être poursuivies sous sa direction ». Il était donc certain d'avance que la demande que j'adressai en 1924 à M. Émile Picard serait bien accueillie.

M. Émile Picard n'a jamais cessé de s'intéresser vivement aux recherches effectuées au Laboratoire de l'électroaimant, et de m'accorder, de toute manière, son appui particulièrement précieux : qu'il me permette de lui

exprimer, au nom des travailleurs français ou étrangers qui ont travaillé à Bellevue, notre profonde reconnaissance.

Il fut décidé que l'électroaimant resterait la propriété de l'Académie et la Section de Physique, consultée, approuva la proposition de notre confrère M. Breton qui offrait une place pour le grand électroaimant à l'Office de Bellevue. Ce choix avait en particulier le grand avantage que là se trouvaient disponibles, tout installés, deux groupes pouvant produire ensemble une puissance de 2000 kilowatts sous forme de courant continu. Ces groupes, qui représentaient à eux seuls un capital important, se sont par la suite montrés très précieux pour l'alimentation des bobines supplémentaires que l'on avait prévues dès le début, et aussi de ces bobines « sans fer » qui peuvent, à elles seules, produire des champs intenses si l'on consent à de grandes dépenses d'énergie électrique.

L'étude du grand électroaimant, faite sur un modèle réduit à l'Office des Inventions, a été terminée au début de 1927. A la séance du 9 juillet 1928, en annonçant à l'Académie que l'électroaimant venait d'être mis en place, j'ai montré comment, grâce à des concours précieux, j'avais pu atteindre le but malgré les difficultés résultant de la baisse du franc. Je ne puis remercier à nouveau aujourd'hui tous ceux qui m'ont facilité ma tâche. A Bellevue, à côté de l'électroaimant, j'ai fait graver, sur un Tableau de marbre, d'une part les noms des maisons qui avaient consenti des remises exceptionnelles, d'autre part ceux des personnes et Institutions qui avaient collaboré à cette réalisation. Je n'ai pas manqué de rappeler que l'Académie des Sciences avait bien voulu, dès la fin de 1928, me donner le prix Albert Ier de Monaco pour que je puisse aménager des salles de travail à côté de l'électroaimant. Nous devrons aussi faire figurer sur ce Tableau de marbre, où il y a encore de la place, la Fondation Villemot. Cette belle Fondation, elle aussi, est de celles qui ont pour but, non de récompenser les savants pour les travaux déjà faits, mais de faciliter les recherches elles-mêmes. L'Académie a bien voulu déjà, à deux reprises, encourager par des subventions Villemot celles que l'on poursuit à Bellevue.

Ces recherches commencèrent effectivement en 1929, elles n'ont pas cessé depuis, sauf pendant une quinzaine de jours où une panne d'électricité provenant d'une cause extérieure au laboratoire nous priva de courant. L'instrument nous a toujours donné pendant ces dix années pleine satisfaction : si j'avais à en construire un nouveau, il lui ressemblerait comme

un frère. Je ne sais s'il restera longtemps le plus grand électroaimant du monde et cela m'est indifférent, mais il est certainement parmi les grands électroaimants celui qui a le plus servi : c'est ce qui est important.

En 1936, lorsqu'on a commémoré à Lyon le centenaire de la mort d'André-Marie Ampère, j'ai rendu compte des travaux les plus importants publiés jusqu'à cette date. Je ne puis aujourd'hui vous parler de ces travaux eux-mêmes, mais je veux vous dire comment ils ont pu être effectués.

Pendant toute la période comprise entre la fin de 1928 et 1937, le Laboratoire n'avait en propre, il faut le remarquer, aucun crédit. L'Office des Recherches scientifiques et des Inventions fournissait alors, il est vrai, à titre gracieux, l'énergie électrique, le gaz, l'eau, il assurait le chauffage des locaux, nous faisait profiter libéralement des ressources de ses ateliers. Mais le personnel spécialement chargé du laboratoire (mécaniciens, garçon, etc.) n'était pas rétribué sur les crédits de l'Office : encore aujourd'hui il n'y a dans ce Laboratoire aucun fonctionnaire qui lui soit affecté. D'autre part, en ce qui concerne le matériel, si l'Office mettait à notre disposition les machines et instruments dont il disposait, notamment ce qu'il avait acquis au titre des réparations, je n'avais aucun crédit régulier pour en acheter d'autres.

C'est la taxe d'apprentissage, ce « sou des Laboratoires », dont notre confrère Émile Borel avait obtenu le vote par les Chambres, qui a levé ces difficultés. Je suis heureux à cette occasion de le féliciter de son initiative et lui adresser, en connaissance de cause, mes remercîments pour les services considérables qu'il a ainsi rendus et qu'il rend encore à la Science française.

A cette époque, une partie des fonds fournis par cette taxe était laissée à la disposition du Ministère, tandis que l'autre partie était distribuée directement aux Universités. Le Laboratoire de l'électroaimant a profité surtout de la première. Tous les ans, j'allais trouver le Directeur de l'Enseignement supérieur, M. Jacques Cavalier. Je lui communiquais les résultats obtenus l'année précédente et il s'empressait aussitôt de m'accorder les crédits nécessaires aux besoins les plus urgents en matériel et en personnel. Je tiens à rappeler ici le souvenir de cet Administrateur excellent qui est mort, victime d'un accident, au moment où il allait être élu Membre de notre Académie. Cavalier s'est toujours efforcé de servir avec zèle la cause de la recherche scientifique, en même temps que les intérêts de l'Enseignement supérieur. Ils doivent rester étroitement liés. Sans doute il est

désirable que certains chercheurs puissent librement cultiver la Science sans aucun souci d'enseignement, mais la réciproque n'est pas vraie : le niveau de l'Enseignement dans nos Universités et nos grandes Écoles baisserait bien vite si chacun de ses maîtres n'avait le souci constant de contribuer lui-même au progrès de la Science.

A la subvention ministérielle dont je viens de parler s'est toujours, jusqu'à présent, ajouté un complément. Mes collègues de la Faculté des Sciences et notre excellent Doyen, notre confrère Charles Maurain, ont bien voulu considérer toujours ce laboratoire de Bellevue comme étant l'un des leurs, au moment de la répartition des crédits de la Taxe. Le Laboratoire des Recherches physiques que je dirige à la Sorbonne échange d'ailleurs constamment des travailleurs et aussi des appareils, avec celui de Bellevue. Le Laboratoire des Recherches physiques avait reçu une subvention de 100000 francs d'un ami généreux des Laboratoires français, M. William Nelson-Cromwell. Cette subvention nous avait permis en particulier de monter, avec le concours de M. Lambert, un spectroscope à échelons qui se prête admirablement, comme l'on sait, à des recherches sur la structure fine des raies spectrales. Après avoir servi à des travailleurs de la Sorbonne, il a été transporté à Bellevue où il est utilisé depuis plusieurs années à des recherches fort intéressantes, mais non terminées encore, sur les modifications subies, sous l'action d'un champ électrique, par les raies de résonance des métaux alcalins.

Dans le puits qui se trouve sous le grand électroaimant se trouve une puissante installation spectroscopique. On utilise surtout un spectrographe à réseau concave de Rowland : ce réseau a été prêté par l'Observatoire de Meudon. On utilise aussi avec grand fruit, depuis l'année dernière, un spectrographe muni d'un grand prisme liquide (à cinnamate d'éthyle). C'est M. Couder, l'habile et savant opticien qui continue à l'Observatoire de Paris la tradition de Foucault et des Frères Henry, qui a construit, avec l'autorisation du Directeur de l'Observatoire, notre confrère M. Esclangon, ce bel instrument.

*
* *

Je voudrais maintenant vous dire comment le Laboratoire de Bellevue a pu, depuis 1937, s'enrichir encore. Certains travaux, parmi ceux qui y ont été effectués, y ont beaucoup contribué.

L'électroaimant était installé à Bellevue depuis quelques mois seulement lorsque M. Rosenblum trouva en l'utilisant un fait nouveau très

important dans le domaine de la radioactivité. Rosenblum découvrit que le rayonnement α de certains corps radioactifs était, non pas simple, comme on le croyait, mais formé de plusieurs rayons α distincts, tous chargés de même positivement mais ayant des vitesses différentes de l'un à l'autre, tandis que d'autres éléments radioactifs n'émettent qu'une seule sorte de projectiles α. Il trouva ensuite que les corps donnant des raies multiples avec son appareil sont aussi ceux qui émettent des rayons γ (rayons X très durs) non déviés par le champ magnétique, puis qu'il y a des relations numériques très précises, dont on ne soupçonnait pas du tout l'existence, entre les énergies de ces rayons α et les longueurs d'onde des rayons γ émis en même temps. Or ces faits peuvent être expliqués en admettant que dans le noyau si petit de l'atome il y a, comme dans l'atome lui-même, plusieurs niveaux énergétiques. D'autres recherches ultérieures soulignèrent l'importance de cette découverte pour la physique nucléaire.

Notre Confrère Jean Perrin, fondateur et animateur de la Caisse nationale de la Recherche scientifique, ne pouvait manquer de s'intéresser vivement aux recherches de Rosenblum, et de remarquer que l'électroaimant de Bellevue faciliterait singulièrement toutes les expériences, si nombreuses, où l'on observe, avec la chambre de Wilson, les trajectoires des projectiles électrisés modifiées par le champ magnétique.

L'électroaimant de Bellevue a rendu en effet des services précieux dans les recherches sur les rayons cosmiques. Il a été utilisé dans ce but à plusieurs reprises par MM. Auger et Ehrenfest et par M. Leprince-Ringuet. On mesure actuellement les derniers clichés qu'ils ont obtenus et ces clichés sont très nombreux. M. Leprince-Ringuet en a obtenu plus de 5000 au cours de la campagne de cette année. Ces physiciens se sont surtout occupés d'étudier la partie la plus pénétrante du rayonnement cosmique : dans les dernières expériences de M. Ehrenfest les rayons traversaient, avant d'arriver dans la chambre de Wilson, un écran formé par 6 tonnes de feuilles de plomb placées au-dessus de l'électroaimant et, dans la chambre même, une épaisseur de 9^{cm} d'or vierge.

On comprend maintenant pourquoi le Laboratoire a trouvé l'appui particulièrement précieux de la Caisse nationale de la Recherche scientifique. Depuis 1937 la Caisse a acquitté les frais généraux du Laboratoire que l'Office, devenu plus pauvre, ne pouvait plus payer, et les frais du personnel d'agents techniques ou de matériel que le Ministère assurait auparavant. Elle a en outre donné deux subventions importantes sur les crédits des grands travaux pour des installations nouvelles. Les unes se

rapportent à la production même des champs magnétiques, les autres à celle des températures très basses.

Nous avons pu notamment construire des bobines pour la production des champs magnétiques par des courants très intenses : c'est l'une d'elles qui a servi récemment, à plusieurs reprises, à M. Frédéric Joliot et à M. Zlotowski et avec laquelle ils ont, cette année, obtenu la formation d'un nouvel élément, l'isotope 5 de l'hélium.

Dans ces dernières expériences, bien que la puissance électrique employée fût grande : 1500 kilowatts, les expériences n'étaient pas très coûteuses parce que le courant n'était nécessaire que pendant des durées fort courtes. Mais dans les recherches sur les rayons α, sur les rayons cosmiques, sur le phénomène de Zeeman, etc., il faut maintenir le champ pendant de longues heures, souvent même nuit et jour, parfois pendant une semaine ou davantage. Les dépenses de courant, même si l'on utilise l'électroaimant tout seul, deviennent alors importantes. C'est pourquoi M. Rosenblum a pensé que, pour ses expériences — et cela est vrai pour d'autres encore — il y aurait avantage à remplacer l'électroaimant par un grand aimant permanent de dimensions inusitées, presque aussi gros que l'électroaimant lui-même, mais d'une construction plus simple. Nous avons donc, M. Rosenblum et moi, soumis à M. Perrin et à M. Laugier, Chef du Service central de la Recherche scientifique, le projet de ce grand aimant. Le crédit fut accordé, nous fîmes avec MM. Tsaï et Guillot les essais nécessaires sur des modèles réduits. On fabrique en ce moment les pièces en acier spécial nécessaires pour constituer les noyaux cylindriques de ce grand aimant, noyaux qui auront plus d'un mètre de diamètre. J'espère qu'avant un an, si l'on peut continuer à faire des dépenses sur le crédit déjà accordé, le grand aimant sera terminé et qu'on pourra ensuite l'installer à Bellevue dans une Station électrique, encore inachevée il est vrai, que M. Breton avait fait construire. On y avait déjà amené, mais sans qu'ils soient prêts à fonctionner encore, quatre gros groupes pouvant fournir ensemble, sous forme de courant continu, une puissance dont on ne dispose nulle part ailleurs pour des expériences de science pure. Ils pourront servir notamment à produire des champs très intenses, mais de très courte durée, par le procédé de Kapitza.

Je terminerai en disant quelques mots — quelques mots seulement — des installations faites à Bellevue pour la production et l'emploi des très basses températures. J'avais échoué autrefois en essayant de faire acheter à l'Office une machine pour la liquéfaction de l'hydrogène. Notre confrère

Georges Claude, qui pour toute cette question du froid, m'a fourni une aide précieuse, a bien voulu se joindre à moi pour obtenir de la Société qui exploite ses procédés qu'elle fabrique elle-même cet hydrogène liquide. Elle organisa cette fabrication, pourtant peu rémunératrice, mais fort intéressante pour la Science : depuis, les Laboratoires parisiens peuvent se procurer ce liquide sans difficultés. De l'hydrogène on passa bien vite à l'hélium liquide, puis bien au delà, à ce domaine des températures voisines du zéro absolu que l'on explore, comme on sait, depuis quelques années seulement : domaine immense, puisque les phénomènes que l'on étudie dépendent de l'inverse de la température absolue, inverse qui croît indéfiniment quand on approche du zéro absolu.

On obtient, comme on sait, ces températures extrêmement basses en utilisant un électroaimant. On refroidit, aussi fortement que l'on peut, un sel paramagnétique convenable, avec de l'hélium que l'on évapore, ceci pendant que le sel se trouve dans le champ. Puis on retire brusquement de l'électroaimant, de façon à annuler vite le champ, le sel avec l'appareil qui le contient : ce sel se refroidit encore plus et c'est ainsi qu'on obtient des températures de quelques centièmes de degré au-dessus du zéro absolu.

Un de ceux qui appliquaient avec succès cette méthode nouvelle, M. le Professeur Simon, du Clarendon Laboratory à Oxford, est venu à plusieurs reprises faire des séjours à Bellevue pour profiter des avantages que présente aussi, pour de telles expériences, l'électroaimant de l'Académie des Sciences. Travaillant en collaboration avec MM. Lainé et Kürti, il obtint tout de suite des résultats nouveaux importants : c'est ce qui décida la Caisse de la Recherche scientifique à aménager et à équiper complètement des salles qui avaient été construites il y a quelques années sur des crédits de l'Outillage national mais qu'on n'avait jamais pu terminer. Ces salles sont maintenant occupées par des travailleurs, elles sont contiguës à celles du Laboratoire de l'électroaimant et constituent en fait, le Laboratoire des basses températures de la Caisse de la Recherche scientifique. Sans doute on ne peut le comparer, en aucune façon, avec le magnifique Laboratoire Cryogénique de Leyde, mais il est pourvu dès à présent de tout ce qu'il faut pour liquéfier l'hélium en utilisant l'hydrogène liquide, et l'électroaimant qui est à côté permet d'aller plus bas. C'est encore grâce à Georges Claude que j'ai pu faire construire en France, sur les fonds accordés pour l'outillage du Laboratoire, un autre liquéfacteur donnant directement l'hélium liquide : il va être installé à Bellevue où tout est prêt pour le recevoir.

*
* *

Vous avez vu, Messieurs, comment le Laboratoire créé autour du grand électroaimant de l'Académie des Sciences s'est développé progressivement et a pu s'enrichir en moyens de travail très puissants. S'il a pu y parvenir c'est que j'ai rencontré des appuis très précieux, beaucoup de collaborateurs de bonne volonté, et aussi parce que les nombreux physiciens, français ou étrangers, qui s'y sont succédé y ont fait de bonne besogne. J'espère qu'il sortira encore à l'avenir de beaux travaux de ce Laboratoire : je compte aussi que plus tard, quand je ne serai plus là pour le demander, il continuera à bénéficier des dons généreux faits à l'Académie.

Nous devons précisément entendre maintenant la liste des Prix et Subventions accordés cette année : je donne la parole à M. Émile Picard.



PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1938.

RAPPORTS.

MATHÉMATIQUES.

PRIX PONCELET.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, J. Hadamard, Ém. Borel, M. d'Ocagne, É. Cartan, G. Julia, P. Montel; H. Lebesgue, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Szolem Mandelbrojt**, professeur au Collège de France, pour l'ensemble de ses travaux sur les fonctions analytiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FRANCŒUR.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, J. Hadamard, Ém. Borel, M. d'Ocagne, H. Lebesgue, É. Cartan, G. Julia; P. Montel, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Dieudonné**, professeur à la Faculté des sciences de Nancy, pour ses travaux sur la théorie des fonctions.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. L. Lecornu, Ém. Borel, J. Drach, É. Jouguet, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis Couffignal**, professeur à l'École des élèves ingénieurs mécaniciens de la marine à Brest, pour ses travaux sur les mécanismes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FOURNEYRON.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, Ém. Borel, J. Drach, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot; É. Jouguet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Victor Hégly**, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, pour ses travaux d'hydraulique.

M. Hégly, a été de 1884 à 1893, le collaborateur de Bazin. Depuis cette époque, il a continué à s'occuper d'hydraulique et a exécuté, avec la méthode et l'habileté qu'il avait apprises de ce maître, de belles expériences sur divers problèmes posés par cette branche de la Mécanique appliquée. Il faut citer tout particulièrement ses recherches sur les déversoirs à contraction latérale et sur l'écoulement de l'eau dans les canaux à profil complexe. Ces dernières ont été faites au laboratoire du Saulcy, à Metz, que M. Hégly a personnellement créé pour la Société hydrotechnique, et où peuvent être étudiés, à l'air libre, divers phénomènes de l'hydraulique fluviale.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, Ém. Borel, J. Drach, É. Jouguet, A. de Gramont, L. de Broglie, A. Caquot; H. Villat, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mme **Marie-Louise Dubreil-Jacotin**, docteur ès sciences, chargée de recherches de la Caisse nationale de la Recherche scientifique, pour ses travaux sur les ondes périodiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRY BAZIN.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, Ém. Borel, J. Drach, É. Jouguet, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie; A. Caquot, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 5000fr à M. **Marcel Mennesson**, ingénieur des Arts et Manufactures, administrateur-délégué de la Société du carburateur Solex, pour ses travaux sur l'utilisation des courants pneumatiques à la mesure des longueurs et des épaisseurs.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ASTRONOMIE.

PRIX LALANDE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, Ch. Maurain, A. de la Baume Pluvinel, G. Fayet, J. Chazy; E. Esclangon, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **André Lallemand**, aide-astronome à l'Observatoire de Strasbourg, pour ses travaux d'astronomie physique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DAMOISEAU.

(Commissaires : MM. Em. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, E. Esclangon, Ch. Maurain, A. de la Baume Pluvinel, J. Chazy; G. Fayet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Hervé Fabre**, aide-astronome à l'Observatoire de Nice, pour ses travaux sur les mouvements récurrents en Mécanique céleste.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BENJAMIN VALZ.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, Ch. Maurain, A. de La Baume Pluvinel, G. Fayet, J. Chazy; E. Esclangon, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Lacroute**, aide-astronome à l'Observatoire de Toulouse, pour ses travaux d'astronomie physique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDAILLE JANSSEN.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, Ch. Maurain, A. de La Baume Pluvinel, G. Fayet, J. Chazy ; E. Esclangon, rapporteur.)

La Commission propose de décerner la médaille à M. **Bertil Lindblad**, directeur de l'Observatoire de Stockholm, pour ses travaux d'astronomie théorique et d'astronomie physique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LA CAILLE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, Ch. Maurain, A. de La Baume Pluvinel, G. Fayet, J. Chazy; E. Esclangon, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Baize**, médecin-assistant de l'Hospice des enfants assistés, astronome stagiaire à l'Observatoire de Paris, pour ses travaux sur les étoiles doubles visuelles.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION ANTOINETTE JANSSEN.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, Ch. Maurain, A. de La Baume Pluvinel, G. Fayet, J. Chazy; E. Esclangon, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer la pension annuelle de 5000^{fr} pour les années 1938 à 1942 à M. **Vladimir Kourganoff**, boursier de recherches de la Caisse nationale de la Recherche scientifique, pour ses travaux d'astronomie théorique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

GÉOGRAPHIE.

PRIX DELALANDE-GUERINEAU.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, R. Bourgeois, E. Fichot, G. Perrier, Ch. Maurain, L. Lapicque, J. Tilho, E.-G. Barrillon; G. Durand-Viel, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jacques Soubrier**, explorateur, pour l'ensemble des voyages : au Sahara (1933); en Afrique

occidentale française et au Libéria (1934); en Albanie septentrionale (1936); au Kurdistan Irano Irakien (1937); en Irak, chez les tribus kurdes de Djezireh et du Kurd Dagh et chez les Assyro-Chaldéens du Khabour (1938).

En un Ouvrage illustré de nombreuses photographies et intitulé : *Savanes et forêts*, M. Jacques Soubrier a raconté son voyage à travers le Soudan et le Libéria.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GAY.

(Commissaires : MM. R. Bourgeois, E. Fichot, G. Perrier, Ch. Maurain, L. Lapicque, J. Tilho, G. Durand-Viel, E.-G. Barrillon; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **André Romer**, directeur de l'Observatoire de Géophysique de la Martinique, pour l'organisation et la mise en marche de cet Observatoire, ainsi que pour ses observations sur la Montagne Pelée.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION TCHIHATCHEF.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, R. Bourgeois, E. Fichot, G. Perrier, L. Lapicque, J. Tilho, G. Durand-Viel, E.-G. Barrillon; Ch. Maurain, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Paul Carton**, ancien chef du Bureau de Climatologie et de Météorologie agricole à l'Observatoire central de l'Indochine à Phu-Liên (Tonkin), pour ses travaux sur la météorologie indochinoise.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, R. Bourgeois, E. Fichot, G. Perrier, Ch. Maurain, L. Lapicque, J. Tilho, E.-G. Barrillon; G. Durand-Viel, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Albert Nandillon**, capitaine de corvette, pour l'ensemble de ses travaux sur l'application de l'acoustique à la navigation.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

NAVIGATION.

PRIX PLUMEY.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, R. Bourgeois, M. Laubeuf, É. Borel, E. Fichot, G. Perrier, J. Drach, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon; É. Jouguet, rapporteur.)

Le prix est décerné à M. **Max Serruys**, ingénieur des arts et manufactures, répétiteur à l'École centrale, collaborateur scientifique du Ministère de l'air, pour ses travaux sur les moteurs à combustion interne.

Auteur d'excellentes recherches intéressant spécialement les moteurs de la navigation aérienne, ce jeune savant a été récemment, au cours de ses expériences, victime d'un grave accident.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIQUE.

PRIX L. LA CAZE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, É. Branly, M. Brillouin, J. Perrin, M. de Broglie, Ch. Fabry, A. de Gramont, P. Langevin; A. Cotton, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Hélois Ollivier**, professeur de physique générale à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour ses travaux sur les relations du magnétisme et de la polarisation rotatoire magnétique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FRANÇOIS HÉBERT.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, É. Branly, M. Brillouin, A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Fabry, A. de Gramont, P. Langevin; J. Perrin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Moïse Haïssinsky**, chargé de recherches de la Caisse nationale de la Recherche scientifique, pour son ouvrage sur l'atomistique et la chimie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HUGHES.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, É. Branly, M. Brillouin, A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Fabry, A. de Gramont, P. Langevin; J. Perrin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Girard**, directeur à l'École des Hautes études, pour ses travaux sur la mesure des constantes diélectriques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION DANTON.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, É. Branly, M. Brillouin, J. Perrin, M. de Broglie, Ch. Fabry, A. de Gramont, P. Langevin; A. Cotton, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **Pierre Lambert**, ingénieur, travailleur libre au laboratoire des Recherches physiques de la Sorbonne, pour ses recherches sur les radiations.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CLÉMENT-FÉLIX.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, É. Branly, M. Brillouin, J. Perrin, M. de Broglie, Ch. Fabry, A. de Gramont, P. Langevin; A. Cotton, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **René Freymann**, chargé de recherches de la Caisse nationale de la Recherche scientifique, pour ses travaux sur les radiations infrarouges.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION DU GÉNÉRAL FERRIÉ.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, É. Branly, M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, A. de Gramont, P. Langevin; Ch. Fabry, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **François Bedeau**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur les ondes de grande fréquence.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

CHIMIE.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Urbain, A. Desgrez, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau, P. Lebeau; G. Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

un prix de 2500fr, à feu **René Schmutz**, ingénieur de l'École de physique et de chimie, chimiste principal au laboratoire municipal de la Préfecture de police, tué dans la catastrophe de Villejuif, pour ses travaux intéressant l'hygiène et la défense passive, en particulier pour ce qui concerne la détection des gaz;

une mention honorable de 1500fr est attribuée à M. **Gaston Courtois**, assistant à la Faculté de pharmacie de Paris, qui a pris une part active au perfectionnement des appareils de protection contre les gaz nocifs.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX JECKER.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Urbain, G. Bertrand, A. Desgrez, M. Delépine, R. Fosse, P. Lebeau; R. Lespieau, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **André Wahl**, professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers, pour ses travaux sur les matières colorantes et, en particulier, sur les indigoïdes.

M. Wahl, au sortir de l'Institut chimique de Nancy, débuta dans l'industrie des matières colorantes à Manchester, en 1896. Il fit là, en collaboration avec A. G. Green, des recherches qui amenèrent en particulier la découverte d'un corps important, l'acide dinitrostilbènedisulfonique; celui-ci est encore actuellement préparé par le procédé de ses inventeurs.
En 1901, M. Wahl, revenu à Nancy, passait une thèse de Doctorat,

dont le sujet lui avait été fourni par Bouveault. Quand celui-ci fut appelé à la Sorbonne il entraîna Wahl, qui devint son préparateur et l'un de ses meilleurs collaborateurs. La fécondité de cette association fut grande, on lui doit de nombreux mémoires relatifs aux éthers nitreux et nitriques, à une méthode de récurrence pour la préparation des aldéhydes $R.CH^2.CHO$, à l'obtention des éthers $\alpha.\beta$-dicétoniques, jusqu'alors inconnus.

A la suite de ces travaux, M. Wahl fut nommé maître de conférences d'abord à la Faculté des sciences de Lille, puis, deux ans plus tard, à celle de Nancy.

C'est dans cette dernière qu'il fit ses beaux travaux sur les indigoïdes : étudiant l'oxindole, il y mit en évidence une fonction méthylénique capable de se condenser avec les aldéhydes, donnant ainsi des isomères des indogénides dérivés de l'indoxyle, les isoindogénides. Il obtint alors, par action de l'isatine sur l'oxindole, un composé rouge orangé, l'isoindigo, et il établit l'identité de ce corps avec l'indine, décrite en 1843 par Laurent, dont la constitution restée inconnue jusqu'alors se trouvait élucidée. La généralisation de ces réactions a fourni des sujets de thèse à douze élèves de M. Wahl.

En 1911, M. Wahl fut un des premiers à chercher à étudier la constitution de la houille en s'adressant à des solvants, mais, en 1913, il dut abandonner cette question car à cette époque il accepta d'entrer à la Manufacture de matières colorantes de Saint-Denis pour y organiser le laboratoire de recherches.

Depuis lors M. Wahl a eu surtout à s'occuper du côté industriel des colorants, mais il n'en a pas négligé pour cela le côté scientifique, ainsi que le prouvent les publications qu'il a faites seul, ou en collaboration, sur de nouveaux dérivés du β-naphtol ou des naphtoquinones, sur une nouvelle synthèse de la phénylrosinduline (avec M. Lantz), sur la chloruration du toluène. C'est à son laboratoire de Saint-Denis que fut élaborée (avec P. Sisley) une méthode d'analyse élémentaire semi-microchimique, usitée maintenant dans beaucoup de laboratoires.

Depuis 1918, M. Wahl occupe la chaire de chimie tinctoriale du Conservatoire national des Arts et Métiers. Il y a fait faire un grand nombre de travaux, notamment sur les dérivés du chloroparaxylène et sur les dérivés sulfonés du β-naphtol.

Étant donné l'œuvre de M. Wahl la Commission des prix de Chimie a proposé de lui accorder le prix Jecker.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX L. LA CAZE.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Urbain, G. Bertrand, A. Desgrez, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau; P. Lebeau, rapporteur.)

Les travaux de M. **Pierre Jolibois** sont presque tous du domaine de la Chimie minérale.

Ses premières études ont porté sur l'allotropie du phosphore et sur celle de l'arsenic. Il a fait ensuite de très intéressantes observations touchant la constitution des organo-magnésiens et mis en évidence l'existence d'un hydrure de magnésium.

La question, si controversée, des règles dominant la fabrication et la prise du plâtre, a largement bénéficié des travaux de M. Jolibois et de ses collaborateurs. Au cours d'études physicochimiques sur la solubilité du sulfate de calcium, il a été reconnu que la prise du plâtre ne s'effectuait pas dans l'eau bouillante. De ce fait, est découlée une synthèse de l'albâtre.

La caractérisation des composés définis, susceptibles de prendre naissance pendant les réactions donnant lieu à des précipitations, présente souvent de grandes difficultés. En utilisant un ingénieux dispositif pour mélanger rapidement les réactifs et des procédés d'enregistrement photographiques des réactions, il a pu apporter une solution positive à ce problème, si souvent posé, et établir les conditions de réversibilité dans les phénomènes les plus classiques de l'équilibre chimique.

Ses travaux les plus récents, sur lesquels nous insisterons plus particulièrement, ont eu comme objet principal, l'étude des phénomènes chimiques qui se produisent dans les champs électriques élevés. Au cours de l'examen des dissociations réalisées dans le tube de Geissler, il a notamment comparé la décomposition du gaz carbonique dans les différents régimes de l'étincelle raréfiée à celle qui est d'origine purement thermique. Il a été ainsi conduit à envisager des modes très simples de calcul thermodynamique, et à créer la notion de température apparente de l'étincelle en considérant le tube à décharge comme un véritable thermomètre à dissociation.

D'autre part, il a réussi à séparer les phénomènes cathodiques de ceux s'accomplissant dans la colonne positive, qu'il assimile à une source de haute température. Il a montré l'importance de la pulvérisation de l'élec-

trode dans les phénomènes cathodiques et observé des catalyses dans des conditions inconnues jusqu'alors. C'est ainsi qu'à moins de 100° il a obtenu, à basse pression, l'équilibre théorique dans la synthèse de l'ammoniac.

M. Pierre Jolibois examine actuellement les phénomènes chimiques provoqués par le jaillissement de l'étincelle à la surface des électrolytes. Les faits déjà acquis lui ont permis de coordonner les phénomènes d'électrolyse, selon une théorie chimique dans laquelle le rôle du dissolvant est prépondérant. D'intéressantes applications à l'analyse quantitative ont pu être déduites de cette étude systématique de la structure de l'étincelle à la surface des électrolytes.

Pour l'exécution de cet ensemble remarquable de recherches, M. Pierre Jolibois a fait appel à toutes les ressources que peut fournir la physico-chimie moderne et, dans beaucoup de cas, il a dû imaginer des méthodes nouvelles.

En raison de l'étendue et de l'originalité de l'œuvre scientifique de M. Pierre Jolibois, professeur à l'École nationale supérieure des Mines, la Commission propose de lui décerner le prix La Caze pour la Chimie minérale.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CAHOURS.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Urbain, G. Bertrand, A. Desgrez, R. Fosse, R. Lespieau, P. Lebeau; M. Delépine, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **Raymond Guillemet**, chef de travaux à l'Institut de chimie biologique de la Faculté de médecine de Strasbourg, pour ses travaux d'analyse chimique.

M. Guillemet a fait connaître de nombreux travaux de microdosages des plus variés : diamant, insuline, urée, cuivre, groupes alcoxylés, alcoylés, etc.; en particulier, il a suivi le cuivre dans de multiples manifestations d'activité biologique. En outre, il a apporté une contribution importante à la connaissance de la fermentation panaire.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOUZEAU.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Urbain, G. Bertrand, A. Desgrez, R. Fosse, R. Lespieau, P. Lebeau; M. Delépine, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Marius Badoche**, docteur ès sciences, assistant au Collège de France, pour ses travaux sur les corps de la famille du rubrène et pour ses mesures de chaleurs de combustion, intéressant de nombreux dérivés nitrés.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CH. ADAM GIRARD.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Urbain, G. Bertrand, A. Desgrez, R. Fosse, R. Lespieau, P. Lebeau; M. Delépine, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Raymond Quelet**, professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux, pour ses travaux de chimie organique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

PRIX FONTANNES.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, C. Barrois, L. de Launay, P. Sabatier, A. Cotton, L. Cayeux, C. Mauguin, F. Grandjean; C. Jacob, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Lucien** et **Jean Morellet**, industriels, pour leurs études paléontologiques des terrains tertiaires de la région parisienne.

Ces chercheurs infatigables consacrent tous leurs loisirs, depuis de nombreuses années, à l'exploration minutieuse des faunes de l'Éocène,

notamment du Bartonien, dont ils sont les meilleurs connaisseurs au temps présent. Ils se sont acquis aussi une solide notoriété avec leurs travaux sur les Algues siphonées verticillées. En récompensant l'activité désintéressée des frères Morellet, l'Académie évoque le souvenir du fondateur du prix, Fontannes, qui, lui-même, hors des cadres professionnels, a tant fait progresser la connaissance stratigraphique et paléontologique du Tertiaire de la Vallée du Rhône.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ANDRÉ-C. BONNET.

Paléontologie.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Ch. Barrois, L. de Launay, P. Sabatier, A. Cotton, L. Cayeux, C. Jacob, C. Mauguin; F. Grandjean, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Piveteau**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de son œuvre paléontologique et notamment son Mémoire intitulé : *Paléontologie de Madagascar, XXII. Un Amphibien du Trias inférieur. Essai sur l'origine et l'évolution des Amphibiens Anoures.*

Les recherches de M. Jean Piveteau montrent comment la structure si spécialisée de ce groupe a été acquise et comment elle se relie à celle des Amphibiens Stégocéphales. Il semble que le milieu n'ait joué qu'un rôle négligeable et que l'évolution se soit faite par orthogénèse, sous l'action de facteurs internes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JAMES HALL.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, C. Barrois, L. de Launay, P. Sabatier, A. Cotton, L. Cayeux, C. Jacob, C. Mauguin; F. Grandjean, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Goguel**, ingénieur au Corps des Mines, pour sa thèse intitulée : *Description tectonique de la bordure des Alpes, de la Bléone au Var.*

L'auteur a cherché, par une étude géométrique minutieuse des accidents tectoniques, à reconstituer le mécanisme de leur genèse.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIQUE DU GLOBE.

PRIX VICTOR RAULIN.

(Commissaires : MM. H. Deslandres, A. Lacroix, É. Branly, R. Bourgeois, E. Esclangon, E. Fichot; Ch. Maurain, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Gaston Grenet**, directeur de l'Observatoire de Physique du Globe du Puy de Dôme, et **Jean Coulomb**, directeur de l'Institut de Météorologie et de Physique du Globe de l'Algérie, pour leurs travaux sur les séismographes à enregistrement électrique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIERES.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Chevalier, H. Colin; A. Guilliermond, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Feldmann**, docteur ès sciences, assistant de botanique à la Faculté des sciences d'Alger, pour ses recherches d'Algologie.

Depuis une dizaine d'années, M. Feldmann se consacre à l'étude de la végétation marine de la Méditerranée et les résultats de ses recherches ont fait l'objet de deux Mémoires remarquables parus l'année dernière.

Le premier, *Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée : La Côte des Albères*, est une étude approfondie des principaux facteurs qui influent sur le développement et la répartition des Algues, ainsi que des associations marines et de l'origine du peuplement végétal de la Méditerranée. Ce volumineux Mémoire riche en faits normaux et en aperçus originaux constitue une contribution très importante à la connaissance de la végétation marine de la Méditerranée et à la phytoocéanographie, en général.

Le second est intitulé : *les Cyanophycées, Chlorophycées et Phéophycées de la Côte des Albères*. L'auteur y décrit de nombreuses espèces qui n'ont pas encore été signalées en France et dans la Méditerranée parmi lesquelles plusieurs sont nouvelles. Toutes les espèces sont étudiées du point de vue écologique et biologique et bon nombre d'entre elles jusqu'alors mal connues y sont décrites en détail et figurées. L'utilisation des caractères cytologiques permet enfin à M. Feldmann d'établir les affinités réelles d'un certain nombre de genres de Siphonocladales et de Siphonales.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MONTAGNE.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Guilliermond, H. Colin; A. Chevalier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Roger Heim**, docteur ès sciences, ingénieur des Arts et Manufactures, sous-directeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses recherches sur les Agaricinées.

Depuis 1932, les travaux de M. Roger Heim ont porté plus particulièrement sur la flore mycologique de nos colonies. L'auteur a pu tirer de ses études sur les champignons tropicaux, notamment à la suite d'une fructueuse mission à Madagascar, une contribution intéressant non seulement la systématique, mais aussi l'anatomie et la phylogénie dans des groupes divers : Podaxon, Polyporés, Boletés, agarics à latex. Dans un Mémoire

monographique sur les Lactaires et Russules de Madagascar, constituant le premier tome d'une flore mycologique de la Grande Ile projetée par M. Heim, l'auteur précise la parenté entre les lactario-Russulés épigés et les Astérosporés souterrains, grâce à la découverte de formes intermédiaires pseudoangiocarpes qu'il étudie en détail en même temps qu'il apporte à nos connaissances générales sur ces genres des données nouvelles importantes. M. Heim a publié en 1934 un travail sur la Flore mycologique de la Catalogne.

M. Roger Heim publie depuis quelques années la *Revue de Mycologie* (Annales de Cryptogamie exotique) dont il est l'animateur.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DE COINCY.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, L. Blaringhem, A. Guilliermond, A. Chevalier, H. Colin; M. Molliard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mlle **Marie-Thérèse Gertrude**, préparateur à la Faculté des sciences, pour ses travaux de morphogenèse sur le *Veronica Anagallis*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ÉCONOMIE RURALE.

PRIX PAUL MARGUERITE DE LA CHARLONIE.

(Commissaires : MM. P. Marchal, E. Leclainche, G. Bertrand, L. Blaringhem, L. Lapicque, R. Fosse, G. Moussu, M. Javillier; E. Schribaux, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Vital Ducomet**, docteur ès sciences, professeur honoraire à l'Institut national agrono-

mique, et **Etienne Foëx**, directeur de la Station centrale de Pathologie végétale, pour leurs recherches de pathologie et de génétique végétales poursuivies depuis une vingtaine d'années et qui ont trait à la Pomme de terre, la plus précieuse et la plus importante de nos espèces cultivées après le Blé.

Avec la Vigne, la Pomme de terre est certainement la plante de grande culture qui fut la plus éprouvée par les maladies : d'abord, par le *Mildiou*, qui a causé tant de ravages en Europe depuis une centaine d'années; en second lieu, par les *maladies dites de dégénérescence*, beaucoup moins brutales que le Mildiou et cependant aussi dangereuses, lesquelles se sont manifestées avec une particulière acuité au cours du dernier quart de siècle; enfin, la *gale verruqueuse*, dont le premier foyer fut découvert en Alsace en 1922, affection également très redoutable, capable d'anéantir, après quelques générations, les variétés auxquelles elle s'attaque.

Si le déclin de la pomme de terre, qui a suscité tant d'alarmes dans le monde agricole, a été conjuré en grande partie dans les 25 dernières années, au point que le grand public ne s'est pas rendu compte de toute la gravité du mal, nous devons ce remarquable résultat aux mesures rationnelles de défense, dans le détail desquelles je ne puis entrer ici, préconisées et propagées par MM. Ducomet et Foëx, avec la collaboration de leurs élèves, mesures déduites de leurs travaux de laboratoire et des nombreuses expériences culturales qu'ils ont poursuivies en plein champ.

La Commission estime que l'Académie répondra pleinement aux intentions du donateur, en attribuant à MM. Ducomet et Foëx le prix Paul Marguerite de la Charlonie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX CUVIER.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, A. Lacroix, P. Marchal, H. Vincent, Ch. Pérez, Em. Roubaud, N...; M. Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Gaston Seurat**, professeur à la Faculté des sciences d'Alger, pour l'ensemble de son œuvre zoologique.

M. Seurat a eu une carrière où son activité de chercheur ne s'est jamais ralentie, où il l'a exercée avec une grande initiative, dans des conditions souvent difficiles, en des pays lointains — Mexique, archipels du Pacifique, Berbérie, — et où il a su récolter des formes animales nombreuses et intéressantes, apportant sur elles des documents significatifs et utiles à maints points de vue, tant pour la zoologie proprement dite que pour certaines applications (telles que la genèse des perles), et pour la biogéographie; l'Académie lui a déjà décerné le prix Thore (1900) et le prix Delalande-Guérineau (1906). Le prix Cuvier sera pour lui la consécration de l'ensemble de sa vie de zoologiste.

Il est difficile de résumer brièvement l'œuvre de M. Seurat en raison de la diversité et de son abondance. Ses premiers travaux ont apporté une contribution importante à l'étude du développement des Hyménoptères Entomophages (Braconides, Ichneumonides, Chalcidides), et ont mis en évidence les conditions de la locomotion, de la nutrition et de la respiration de leurs larves parasites à l'intérieur de leurs hôtes. Elles avaient été commencées au Mexique et continuées en France.

Une autre série de recherches de M. Seurat est relative à l'Huître perlière et ont été exécutées en Océanie (Nouvelle-Calédonie, Tahiti). M. Seurat est parmi les auteurs qui ont établi que les perles fines résultent de la calcification de kystes déterminés (à Tahiti) par la présence de stades larvaires de Trématodes et de Cestodes. Ses séjours et ses études dans ces îles coralliennes lui ont fourni par ailleurs de nombreuses observations sur les récifs (les matériaux qu'il en a rapportés ont donné lieu à diverses études de spécialistes) et sur les populations polynésiennes; il a même rapporté de Tahiti des roches à néphéline étudiées par M. A. Lacroix.

M. Seurat avait, dès avant 1900, entrepris des recherches entomologiques en Tunisie (Khroumirie); fixé par des fonctions en Algérie depuis 1908, il n'a cessé d'étudier la faune de l'Afrique du Nord, apportant de nombreuses contributions à la faune côtière de l'Algérie et de la Tunisie (principalement dans la zone intercotidale), à celle de l'intérieur et poussant jusqu'au Sahara et au Hoggar. Chaque année M. Seurat a fait de véritables explorations, dans lesquelles il a récolté des formes nouvelles intéressantes non seulement au point de vue de la zoologie descriptive, mais aussi à divers points de vue de biologie générale. L'ensemble constitue une contribution de valeur à la biologie de l'Afrique du Nord. Parmi ces recherches, je mentionnerai, en particulier, l'ensemble de celles qui portent sur les Nématodes parasites.

Enfin, on doit à M. Seurat une étude très documentée sur l'*Exploration zoologique de l'Algérie* de 1830 à 1930 (1 vol. 708 pages, *Collection du Centenaire de l'Algérie*), historique très complet et très méthodique de toute l'œuvre des zoologistes français depuis la conquête.

L'énumération très sommaire qui précède justifiera amplement l'attribution à M. G. Seurat du prix Cuvier.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION SAVIGNY.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, A. Lacroix, P. Marchal, H. Vincent, Ch. Pérez, Ém. Roubaud, N...; M. Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Cyrill Crossland**, directeur de la Station zoologique de l'Université égyptienne à Ghardaka (Hurghada), sur la mer Rouge, pour l'ensemble de ses recherches sur la faune de cette mer.

M. Cyrill Crossland a consacré, depuis de nombreuses années, presque toute son activité de zoologiste à ces études et aux problèmes généraux qui s'y rattachent. Pendant dix-sept ans, il a été au service des pêcheries de perles du gouvernement du Soudan et il a mis au point des procédés pour recueillir et élever le nessaim des huîtres perlières. Cela lui a été l'occasion de faire de nombreuses récoltes fauniques (dont les matériaux ont été étudiés par divers auteurs) et de poursuivre, sur les récifs coralliens, des recherches qui ont donné lieu à plusieurs Mémoires.

En 1930, il a été chargé par l'Université égyptienne du Caire, de fonder

et d'organiser une Station biologique sur la mer Rouge. Il a choisi, sur la côte égyptienne, à la hauteur de l'île Shadwan (en face de la pointe de la presqu'île du Sinaï), le site de Ghardaka (Hurghada). Cette Station, que le rapporteur a eu l'occasion de visiter en octobre 1937, offre des ressources de travail très précieuses pour les naturalistes et permet, en particulier, d'étudier, dans les conditions les meilleures, les récifs coralliens magnifiquement développés le long de cette côte. M. Cyrill Crossland a rendu ainsi un très grand service à la Zoologie. Lui-même, ou des savants de passage, ont déjà fait là des récoltes importantes et poursuivi, grâce aux installations de la Station, des recherches embryologiques et expérimentales. M. Crossland a retrouvé quelques formes particulièrement intéressantes (telles que la *Syllis ramosa*).

Pendant l'hiver 1934-1935, il a dirigé, sur le navire *Mabahith*, une expédition océanographique égyptienne dans la mer Rouge (elle a, en 1936, exploré de façon approfondie le golfe d'Akaba, prolongement de la dépression de la mer Morte), qui doit être le prélude d'une exploration systématique de cette mer. Cette expédition a trouvé des êtres vivants jusqu'à 2000^{m} de profondeur (température, 21°C.). Les résultats en sont en cours de publication et semblent autoriser déjà à conclure que la faune de la mer Rouge est riche et ne représente pas, comme on le supposait, un faciès appauvri de la faune indo-pacifique.

On voit que M. Cyrill Crossland, par ses publications personnelles, par l'organisation de la Station de Ghardaka et par l'impulsion qu'il a donnée aux recherches océanographiques, a contribué de la manière la plus efficace à l'étude zoologique de la mer Rouge, ce qui répond pleinement aux intentions des fondateurs du prix Savigny.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN THORE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, A. Lacroix, P. Marchal, H. Vincent, M. Caullery, É. Roubaud, N... ; C. Pérez, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Théodore Monod**, secrétaire général de l'Institut français de l'Afrique Noire à Dakar, pour ses travaux sur les Crustacés.

M. Théodore Monod est un zoologiste de talent qui a déjà, malgré sa jeunesse, réalisé en carcinologie une œuvre étendue et solide. Sa thèse de

doctorat a été consacrée à l'étude des *Gnathia*, curieux Isopodes aberrants, parasites hématophages des Poissons. Précisant l'anatomie, encore très insuffisamment connue, de ces petits Crustacés, il a élucidé la constitution de leur armature buccale et précisé le mécanisme de la digestion du sang et les relations entre la couleur prise par l'animal repu et l'espèce du Poisson dont il a sucé le sang. Systématicien très averti, il a fait suivre ses recherches anatomiques d'une description détaillée de toutes les espèces connues, avec figures précises. Cette monographie est immédiatement devenue classique. M. Th. Monod a publié depuis un grand nombre d'excellents mémoires, attestant sa compétence sur les groupes les plus variés de Crustacés, souvent à l'occasion de récoltes faites par lui-même, au cours d'explorations africaines où il a fait preuve de beaucoup de cran. Je rappelle notamment qu'il a fait, dans une source chaude des environs de Gabès, la découverte sensationnelle du *Thermosbæna*, Crustacé supérieur aberrant, type jusqu'ici unique d'un ordre nouveau.

La Commission du prix Thore est unanime à proposer à l'Académie l'attribution de ce prix en 1938 à M. Théodore Monod, pour l'ensemble de ses travaux carcinologiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ANTHROPOLOGIE.

PRIX ANDRÉ-C. BONNET.

(Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Blaringhem, A. Gosset, J.-L. Faure, C. Pérez; L. Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix, qui est attribué pour la première fois, à M. **Eugène Dubois**, professeur émérite de géologie à l'Université d'Amsterdam, curateur du Muséum de géologie au Teyler's Stichting de Haarlem, pour la découverte du Pithécanthrope de Java et les recherches qui en ont découlé, relativement au développement phylogénétique du cerveau.

La découverte des restes du Pithecantrapus, intermédiaire dès longtemps postulé entre l'Homme et les Singes, ne fut pas l'effet d'un heureux hasard, une trouvaille de fouilleur de gisement. C'est à la suite d'inductions que M. Dubois, à travers de grandes difficultés, vint effectuer à Java des recherches systématiques, poursuivies avec patience. Les pièces, malheureusement peu nombreuses, qu'il réussit à mettre à jour furent suffisantes pour constituer un événement dans l'histoire de la paléontologie; elles donnèrent lieu à des discussions passionnées; la découverte, relativement récente, de fossiles homologues en Chine a confirmé définitivement leur haute signification.

L'étude du crâne du Pithécanthrope, en vue de situer exactement ce fossile sur l'échelle du développement encéphalique, a conduit M. Dubois à des résultats théoriques du plus haut intérêt : d'abord une formule algébrique (empirique), permettant d'exprimer correctement pour les Mammifères de toute taille la relation du poids de l'encéphale au poids du corps; ensuite, au moyen du coefficient spécifique fourni par cette formule, l'établissement d'une loi d'évaluation, fort curieuse, à savoir : les progrès phylogénétiques de la grandeur encéphalique se font d'une façon discontinue suivant les puissances successives de 2.

Solidement établie dans les faits, cette loi s'explique d'ailleurs très simplement au point de vue embryologique : il s'agit de mutations consistant en une division supplémentaire des neuroblastes. Le Pithécanthrope occupait un échelon laissé vide entre l'Homme et les Singes anthropoïdes.

Pour la première fois où l'Académie est appelée à décerner un prix d'Anthropologie, elle a ainsi l'occasion, en l'attribuant à M. Dubois, à la fois de rappeler un titre de gloire classique et de signaler une idée aussi nouvelle que pénétrante.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, É. Branly, E. Leclainche, L. Lapicque, C. Pérez; H. Vincent, C. Achard, A. Gosset, J.-L. Faure, P. Portier, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner trois prix de 2500fr :

à M. **Léon Binet**, professeur de physiologie à la Faculté de médecine de Paris, et à son assistant M. **Georges Weller**, pour leur ouvrage intitulé : *Le Glutathion;*

à M. **Auguste Pettit**, professeur à l'Institut Pasteur, pour son ouvrage intitulé : *Sérothérapie antipoliomyélitique d'origine animale;*

à M. **Frédéric Trensz**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur d'Algérie pour l'ensemble de ses travaux de sérologie palustre.

Trois mentions honorables de 1500fr sont attribuées :

à M. **Marc Barthélemy**, docteur en médecine, professeur de pathologie chirurgicale à la Faculté de médecine de Nancy, pour son ouvrage intitulé : *Les diagnostics chirurgicaux au lit du malade;*

à M. **Alfred Bensaude**, ancien interne des Hôpitaux de Paris, chef de clinique médicale à la Faculté de médecine, pour son ouvrage intitulé : *L'évolution cancéreuse des tumeurs bénignes du rectum. Son importance pour la prophylaxie du cancer du rectum;*

à Mlle **Marcelle Ladet**, ancienne interne des hôpitaux, chef de clinique à la Faculté de médecine de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Le syndrome malin au cours des toxi-infections.*

Rapport de M. P. Portier *sur l'ouvrage de* MM. **Léon Binet** *et* **Georges Weller**.

De tous les organes, le foie est le plus riche en glutathion. Les auteurs montrent que ce tripeptide diminue d'une manière très marquée dans les hépatites ou quand on pratique la ligature du canal choledoque.

Dans des travaux antérieurs, M. Binet avait mis en évidence l'action antitoxique du glutathion sur la toxine tétanique et le venin de Cobra.

Rapport de M. C. Achard *sur l'ouvrage de* M. **Auguste Pettit**.

L'auteur, travailleur modeste et consciencieux, a consacré une importante partie de sa carrière au problème difficile de la sérothérapie antipoliomyélitique. Il s'est proposé, dans de longues et patientes recherches, d'obtenir un sérum d'animal jouissant de propriétés thérapeutiques et les résultats ont été favorables.

La Commission a jugé ce travail digne d'être récompensé par l'attribution d'un prix.

Rapport de M. H. Vincent *sur les travaux de* M. **Frédéric Trensz**.

M. Frédéric Trensz a adressé un ensemble de publications sur la séro-floculation palustre, communément appelée *réaction de X. Henry*. Il donne une interprétation du phénomène (instabilité particulière des englobulines du sérum des paludéens). La formation du complexe mélanine-englobuline entraîne la floculation. Celle-ci est liée à des substances extractiles par l'acétone.

M. Trensz emploie, à la place de la mélanine naturelle, une mélanine solubilisée dans l'eau distillée, avec un excipient constitué par le chlorure d'ammonium.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX BARBIER.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, É. Branly, E. Leclainche, H. Vincent, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, C. Pérez, P. Portier; J.-L. Faure, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **Louis Courty**, docteur en médecine, professeur à la Faculté libre de médecine de Lille, et **Manuel Ansel**, docteur en médecine, chargé de Cours à la même Faculté, pour leur ouvrage intitulé : *Le traitement chirurgical du goître exophtalmique et des goîtres avec hyperthyroïdie*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BRÉANT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, É. Branly, H. Vincent, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, C. Pérez, P. Portier; E. Leclainche, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 5000 fr. à MM. **Paul Remlinger**, docteur en médecine, directeur de l'Institut Pasteur du Maroc, à Tanger, membre associé de l'Académie de médecine de Paris, et **Jacques-Éd. Bailly**, docteur-vétérinaire, adjoint au Directeur de l'Institut Pasteur du Maroc, à Tanger, membre correspondant de l'Académie de médecine, pour leur ouvrage intitulé : *Contribution à l'étude du virus de la maladie d'Aujeszky*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GODARD.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, É. Branly, E. Leclainche, H. Vincent, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, C. Pérez, P. Portier.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX MÈGE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Branly, H. Vincent, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, C. Pérez, P. Portier; E. Leclainche, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 1000^{fr} à MM. **André Donatien** et **Félix Lestoquard**, docteurs-vétérinaires, chef de service et chef de laboratoire à l'Institut Pasteur d'Algérie, pour leurs travaux concernant les Rickettsioses animales.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BELLION.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, É. Branly, E. Leclainche, H. Vincent, C. Achard, A. Gosset, J.-L. Faure, C. Pérez, P. Portier; L. Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Coulouma**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lille, chef de travaux anatomiques, pour son ouvrage intitulé : *La terminaison des nerfs pneumogastriques et ses variations. Étude d'anatomie descriptive comparée chez l'homme et dans la série des Vertébrés*, et l'ensemble de ses travaux d'anatomie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DU BARON LARREY.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, É. Branly, E. Leclainche, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, C. Pérez, P. Portier; H. Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Marcel Liégeois**, médecin-colonel, spécialiste des hôpitaux militaires, pour son mémoire relatif à l'étiologie générale de la Scarlatine, ses modes de propagation, sa prophylaxie et sa thérapeutique.

Il s'étend sur le rôle du streptocoque dans cette maladie. Il expose ses recherches personnelles, qui sont très étendues, sur le phénomène d'agglutination du streptocoque par le sang du malade et du convalescent, ainsi que par les sérums expérimentaux anti-Dick 1 et anti-Dick 5 ; sur le phénomène de Cantacuzène et sur les streptocoques entraînés ; sur la spécificité des toxines obtenues de streptocoques scarlatineux ; sur les modalités et les résultats de la réaction de Dick ; sur l'hypothèse d'un virus filtrant, etc.

Cet excellent mémoire fait mention de recherches personnelles très intéressantes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN DAGNAN-BOUVERET.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, É. Branly, E. Leclainche, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, C. Pérez, P. Portier; H. Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

un prix de 6000^{fr} à Mme **Arthur Randoin**, née **Lucie Fandard**, directrice de laboratoire à l'École des Hautes études et au Ministère de l'Agriculture, pour l'ensemble de ses recherches concernant la physiologie de la nutrition;

un prix de 5000^{fr} à M. **Xavier Henry**, chef du laboratoire d'Hygiène à la Préfecture de Constantine, pour sa méthode de diagnostic du paludisme dite Mélano-floculation;

un prix de 4000^{fr} à M. **Léon Delhoume**, docteur en médecine, maire de Pierre-Buffière, pour ses ouvrages intitulés : *L'École de Dupuytren : Jean Cruveilhier* et *Claude Bernard : pensées*.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

CANCER ET TUBERCULOSE.

FONDATION ROY-VAUCOULOUX.

(Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, C. Achard, A. Gosset, J.-L. Faure, Ed. Sergent; L. Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **Voldemar Vilter**, boursier de la Caisse nationale de la Recherche scientifique, pour ses recherches sur le mécanisme physiologique des variations de couleur chez les amphibiens et les poissons.

Par divers procédés, notamment par des greffes de peau d'axolotl noir sur axolotl blanc, M. Vilter a montré que le système nerveux agit sur les

cellules pigmentaires sans contact direct. Cela a été un des faits qui ont entraîné la conviction unanime pour la réalité de la transmission humorale de l'excitation. D'autre part, M. Vilter a énoncé avec début de démonstration une théorie fort intéressante expliquant la différence générale de pigmentation entre la face ventrale et la face dorsale des animaux par la différence d'éclairement des champs visuels inférieur et supérieur.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LOUISE DARRACQ.

(Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, E. Sergent; C. Pérez, rapporteur.)

Le prix Louise Darracq est destiné à récompenser des travaux relatifs à la guérison du cancer.

La Commission est en présence de la candidature formulée par M. **Albert Peyron**, directeur de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour lui-même et ses collaborateurs : MM. **Henri Limousin**, professeur d'anatomie pathologique à l'École de médecine de Clermont-Ferrand, **Guy Poumeau-Delille**, assistant à l'Institut Pasteur, et **Bernard Lafay**, docteur en médecine.

Cette candidature est appuyée par un certain nombre de tirages à part des travaux de ces auteurs relatifs à deux ordres de questions.

I. Recherches sur les tumeurs du testicule. Le Dr Peyron et ses collaborateurs ont observé des néoplasmes testiculaires bourgeonnants qui présentent des aspects morphologiques fort singuliers rappelant étrangement la disposition des feuillets dans les vésicules embryonnaires des Mammifères. Le testicule paraît ainsi le siège d'une véritable polyembryonie.

II. Recherches sur l'action inhibitrice exercée par la colchicine sur la tumeur cutanée de Shope chez le Lapin.

Ces recherches sont représentées par deux Notes préliminaires, l'une à l'Académie des sciences, l'autre à la Société de biologie.

La Commission propose d'attribuer le prix L. Darracq au Dr Peyron et à ses collaborateurs pour l'ensemble de leurs travaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX EUGÈNE et AMÉLIE DUPUIS.

(Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, E. Sergent.)

Le prix n'est pas décerné.

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, L. Lapicque, C. Pérez ; P. Portier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Maurice Fontaine**, assistant de physiologie à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux.

L'œuvre de ce jeune physiologiste est importante et variée. Il a étudié l'influence de la pression sur les animaux aquatiques, la respiration des invertébrés marins, les phénomènes de fluorescence. Nous lui devons des recherches importantes sur la flavine et, le premier, il a obtenu la maturation complète des organes génitaux de l'anguille mâle.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX L. LA CAZE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, C. Pérez, P. Portier ; L. Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **André Mayer**, membre de l'Académie de médecine, professeur au Collège de France, pour l'ensemble de ses travaux de physiologie.

M. André Mayer, élève de Dastre, a été un des tout premiers en France, il y a 25 ans, à appliquer à la Biologie les raisonnements et les méthodes

de la Chimie physique. Après diverses études sur les colloïdes, les conditions de leur stabilité, de leur floculation qu'il montra être réversible dans le cas des colloïdes lyophiles, les combinaisons ou plutôt les *complexes* qu'ils forment entre eux, il passa à l'examen sous ce point de vue du protoplasma vivant, qui est lui-même un tel complexe; notamment, outre l'eau, les sels et les protides que l'on y décrivait, et qui en constituent en effet la masse essentielle, le protoplasma contient toujours des proportions non négligeables de lipides et de cholestérol, formant, malgré leur insolubilité, un ensemble si homogène qu'il reste optiquement vide en lumière transversale.

Ce sont même ces lipides et ces cholestérols qui, suivant leur proportion, confèrent au protoplasma certaines de ses propriétés physiques. Chaque espèce de cellule, foie, poumon, muscle, etc., est caractérisée par un *coefficient lipocytique* qui règle son affinité pour l'eau, sa capacité d'imbibition pour telle ou telle solution saline.

Cette découverte, qui est l'une des plus pénétrantes de la biologie physicochimique, amena André Mayer à s'occuper à diverses reprises et sous différentes formes des échanges de liquide et du bilan de l'eau dans l'organisme; il a décrit dans ce domaine nombre de faits intéressants, sur la sécrétion urinaire, la soif, et chez les Végétaux, sur l'intensité et la qualité des fermentations et des oxydations, ainsi que sur l'assimilation chlorophyllienne.

Pendant la guerre, M. André Mayer, après un certain temps de séjour au front comme médecin de troupe, fut chargé d'études sur les gaz de combat; il a joué là un rôle des plus importants. A partir de 1916, il a dirigé officiellement le Service de Physiologie de la Commission des gaz; les principaux résultats ont été publiés aux *Comptes rendus* après l'armistice; cette organisation a continué à fonctionner jusqu'à ce jour, toujours sous la direction de M. Mayer qui a apporté un inlassable dévouement et une efficace clairvoyance à cette besogne rendue nécessaire par la barbare initiative de l'ennemi. Nos chefs militaires ont à diverses reprises hautement rendu hommage à la valeur pratique de cette contribution scientifique à la défense nationale.

D'ailleurs, incidemment, ces études spéciales ont révélé quelques faits nouveaux d'un intérêt purement scientifique, par exemple, l'action si curieuse du dinitrophénol pour accroître les combustions respiratoires; par là, M. André Mayer a été entraîné à des recherches étendues sur la régulation thermique.

M. André Mayer, chef d'une école bien personnelle, jouit d'une autorité considérable dans le monde scientifique. Le prix Lacaze ne fera que consacrer cette autorité.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX POURAT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, L. Lapicque, C. Pérez; P. Portier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Marcel Florkin**, chargé de cours à l'Université de Liége, pour ses travaux sur la *Physiologie comparée du milieu intérieur dans la série animale*. Des notions nouvelles et très importantes sont produites sur les « transporteurs d'oxygène », en particulier sur les *Hémerythrines*. Le sang des Insectes a été ainsi étudié avec succès.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

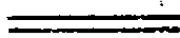
PRIX MARTIN-DAMOURETTE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, L. Lapicque, C. Pérez; P. Portier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Roger Duffau**, docteur en pharmacie de l'Université de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Avitaminoses et Métabolisme glucidique musculaire*.

M. Duffau montre que l'avitaminose A est à peu près sans influence sur le métabolisme glucidique. C'est surtout l'avitaminose B qui apporte des modifications importantes qui sont bien mises en évidence dans ce travail très consciencieux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.



STATISTIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, M. d'Ocagne, H. Lebesgue, J. Drach, Ch. Maurain; Ém. Borel, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix Montyon de statistique (1000fr) à M. **Henri Bunle**, statisticien à la Direction de la statistique générale de la France, pour l'ensemble de son œuvre statistique.

Elle propose, en outre, de décerner également un prix de 1000fr à M. **Grégoire Ichok**, professeur à l'Institut de statistique de l'Université de Paris, pour son ouvrage intitulé : *La mortalité à Paris et dans le département de la Seine*.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Ém. Borel, G. Bertrand, M. Caullery, H. Villat; L. Bouvier et L. de Broglie, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

un prix de 2000fr à M. l'Abbé **Augustin Sesmat**, professeur d'histoire et de critique des sciences à l'Institut catholique de Paris, pour ses ouvrages intitulés : *Le système absolu classique et les mouvements réels* et *Les systèmes privilégiés de la physique relativiste;*

un prix de 1500^{fr} à M. le docteur **Jean Torlais**, pour son ouvrage intitulé : *Réaumur*.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

OUVRAGES DE SCIENCES.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. A. Cotton, A. Béhal, Ém. Borel, M. Caullery, M. d'Ocagne; Ém. Picard, A. Lacroix, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

un prix de 2500^{fr} à MM. **André Danjon**, directeur de l'Observatoire de Strasbourg, et **André Couder**, astronome adjoint à l'Observatoire de Paris, pour leur ouvrage intitulé : *Lunettes et télescopes. Théorie. Conditions d'emploi. Description. Réglage;*

un prix de 2000^{fr} à M. **Maurice Duportet**, conservateur de la Bibliothèque de Montluçon, comme témoignage de sympathie pour son entreprise de *topobibliographie de la France*, dont les trois premiers volumes viennent de paraître (Allier, Creuse, Indre).

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

MÉDAILLES.

MÉDAILLE BERTHELOT.

(Commissaires : MM. A. Cotton, A. Béhal, Ém. Picard, A. Lacroix.)

La médaille est décernée :

à feu **René Schmutz**, lauréat du prix Montyon des arts insalubres;
à M. **Marius Badoche**, lauréat du prix Houzeau;
à M. **Raymond Quelet**, lauréat du prix Ch.-Adam Girard.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT.

Grand Prix des Sciences mathématiques.

(Commissaires : MM. L. Lecornu, J. Hadamard, Ém. Borel, H. Lebesgue, E. Cartan, G. Julia; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Favard**, professeur à la Faculté des sciences de Grenoble, pour ses travaux d'algèbre et de géométrie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BORDIN.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, P.-A. Dangeard, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, C. Pérez; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Schœller**, assistant à la Faculté des sciences de Bordeaux, pour ses travaux géologiques dans les Alpes et ses recherches hydrogéologiques en Tunisie.

M. Henri Schœller a déjà derrière lui un assez long passé géologique. Des Alpes françaises, au nord de Moûtiers et de la Haute Tarentaise, il a donné une intéressante description structurale.

Un séjour de plusieurs années au Service géologique de Tunisie lui a permis d'effectuer des observations hydrologiques qui seront précieuses pour les recherches d'eau en Afrique du Nord.

Enfin il vient de faire la découverte capitale de Graptolites ordoviciens dans les schistes métamorphiques de la région de Toulon.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LALLEMAND.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, P. Marchal, H. Vincent, M. Caullery, A. Gosset; L. Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Alfred Fessard**, directeur adjoint à l'École pratique des Hautes études, pour ses recherches sur les fonctions rythmiques des nerfs.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SERRES.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, P. Marchal, E. Leclainche, H. Vincent, L. Lapicque, C. Pérez, P. Portier; M. Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Robert Courrier**, professeur au Collège de France, pour ses travaux sur la fonction génitale chez les Mammifères.

M. R. Courrier appartient à la brillante école d'histophysiologistes dont les maîtres sont MM. P. Bouin et P. Ancel. L'Académie a déjà distingué et récompensé ses premiers travaux (prix Godard 1925, prix Pourat 1928). Continuant avec succès et dans les voies les plus modernes ses recherches antérieures, il a fait preuve au cours des dix dernières années de la plus féconde activité scientifique. Elle se manifeste, dans cet intervalle, par 80 Notes ou Mémoires qui assurent à M. R. Courrier une place de premier plan dans le vaste mouvement endocrinologique qui est un des plus remarquables aspects de la Biologie contemporaine.

La caractéristique de l'embryogénie à l'heure présente est, en effet, d'être expérimentale. Chez les Mammifères, l'un des problèmes principaux est l'analyse des coordinations fonctionnelles qui relient les diverses parties de l'appareil sexuel de la femelle et assurent la ponte des œufs, leur nidation dans l'utérus, les transformations des éléments du tractus génital. Les hormones sont les agents dynamiques de ces processus synergiques. La découverte de ces mécanismes, l'isolement des hormones sexuelles à l'état pur, l'expérimentation avec ces substances définies, constituent certainement un des plus brillants chapitres de la Biologie contemporaine. M. Courrier y a apporté personnellement une contribution très importante et très solide, qui a semblé à la Commission le désigner pour l'attribution du prix Serres.

Je résumerai brièvement ses principales contributions personnelles à ces problèmes. D'une part, chez le mâle, il a réalisé des expériences très probantes quant à la dualité structurale et fonctionnelle du testicule (spermatogenèse et fonction de la glande interstitielle), en réussissant à dissocier les deux fonctions chez les Mammifères en hibernation (marmotte, chauve-souris) par diverses voies (notamment par injections au mâle hibernant de substances gonadotropes d'origine hypophysaire ou placentaire).

Chez la femelle, à l'encontre des idées d'abord généralement adoptées, il a su distinguer et opposer les actions hormoniques de l'ovaire aux deux phases — folliculaire et lutéinique — du cycle œstrien et montrer, par des expériences variées, l'antagonisme fonctionnel des deux hormones correspondantes.

Ces conceptions, brillamment développées, dès 1931, dans un rapport à la séance plénière de la Société de Biologie, ont été depuis confirmées, de façon éclatante, par les expériences faites à l'aide des hormones isolées à l'état de pureté (folliculine et progestine). M. Courrier a contribué, de façon importante et précise, par des expériences à la fois qualitatives et

quantitatives, sur une série de Mammifères (cobaye, lapin, rat, chat, magot d'Algérie), à l'analyse délicate de ces mécanismes fonctionnels. Seul ou avec ses élèves, il a analysé de façon très complète l'ensemble du cycle génital de la chatte et du magot (intéressant par sa similitude avec celui de l'espèce humaine).

Une série d'expériences particulièrement curieuses concerne l'action de l'hormone femelle (folliculine) sur le magot-mâle impubère. Elle détermine un ensemble de modifications des mamelles, de la région anale (peau sexuelle), de l'utricule prostatique qu'on ne rencontre jamais chez le mâle normal.

M. Courrier a été des premiers à constater l'action de la folliculine sur le tractus génital de la femelle castrée, ou de la femelle en hibernation (marmotte, hérisson), et aussi à établir la présence de la substance active ovarienne (identifiée depuis à la folliculine) dans le liquide folliculaire, dans les kystes lutéiniques, dans les fibromes utérins et dans le liquide amniotique.

Les dix dernières années ont vu, sur tous ces problèmes, se produire un mouvement intense de recherches, dans un grand nombre de laboratoires des divers pays, si bien que les résultats décisifs se sont succédé avec rapidité et que, dans l'ensemble, la connaissance des conditions de la reproduction, chez les Mammifères, a été littéralement renouvelée. Les travaux de M. Courrier y ont contribué de façon importante et ont été souvent à l'avant-garde des constatations essentielles.

Sans faire entrer en ligne de compte divers autres résultats intéressants obtenus par cet auteur à propos d'autres groupes d'animaux, la Commission propose, à l'unanimité, de lui attribuer cette année le prix Serres, pour l'ensemble de ses recherches sur la reproduction des Mammifères.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VAILLANT.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, M. Molliard, M. Caullery, M. Delépine, R. Fosse; L. Bouvier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis Bounoure**, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour ses belles recherches sur l'embryogénie des Amphibiens.

M. Louis Bounoure s'est attaché à la solution d'un problème biologique

aussi important que discuté, l'origine des gonocytes chez les Vertébrés, en choisissant pour type la Grenouille. Remontant de proche en proche à travers les stades successifs de la segmentation embryonnaire, il est parvenu à définir la localisation des germes *dans l'œuf lui-même :* c'est une mince couche de cytoplasme spécial située au pôle inférieur et identique au « déterminant germinal » déjà décrit chez les Insectes. Si bien que la lignée germinale s'établit de la même manière dans les deux séries, pourtant fort différentes, qui représentent les sommets de l'animalité. M. Bounoure a donné une preuve décisive de sa belle découverte en soumettant le pôle inférieur de l'œuf à l'action de rayons ultraviolets, ce qui détruit le déterminant germinal : les têtards issus des œufs ainsi traités sont normaux quant au soma, mais leurs gonades sont détruites totalement ou presque; c'est une véritable *castration dans l'œuf.*

Les recherches de M. Bounoure ont commencé en 1924, il ne lui a pas fallu moins de douze ans pour les mener à bien. On ne saurait trop louer sa patience et sa fine pénétration, qui lui permirent de résoudre l'essentiel problème auquel il s'est attaqué; aussi votre Commission a-t-elle été unanime pour proposer à l'Académie d'attribuer le prix Vaillant à M. Louis Bounoure pour ses recherches sur l'embryogénie des Amphibiens.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ESTRADE-DELCROS.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, G. Bertrand, L. Blaringhem, A. Guilliermond, C. Pérez; M. Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Justin Jolly**, membre de l'Académie de médecine, professeur au Collège de France, pour l'ensemble de ses travaux d'histophysiologie.

M. J. Jolly, au cours d'une carrière déjà longue, a montré dans ses recherches une activité qui ne s'est jamais ralentie et qui témoigne d'une belle continuité, en même temps que d'une grande largeur de vues. Ses efforts, en effet, ont eu pour thème l'histologie expérimentale, ou histophysiologie, qui voit dans l'étude des modifications structurales une méthode au service de la physiologie. Ses longues recherches sur le sang et les organes hématopoiétiques ont abouti à une large synthèse dans son

Traité technique d'Hématologie (2 vol. 1131 pages, 1923), ouvrage classique. L'étude physiologique des leucocytes, des hématies et de la régénération du sang l'a conduit à trouver, chez les Urodèles, des objets où les phases successives de la division cellulaire peuvent être *suivies à l'état vivant* (celles ont fait l'objet de très beaux films cinématographiques), et il a pu montrer la longue persistance *in vitro* des multiplications cellulaires. Il a été ainsi, dès 1904, un précurseur de la culture des tissus. Ses recherches sur les organes lympho-épithéliaux l'ont amené à montrer l'existence d'une catégorie d'organes caractérisés par la pénétration de cellules lymphoïdes dans une charpente épithéliale. Ses recherches sur les organes hématopoiétiques lui ont permis de montrer que la radiosensibilité d'une cellule ne dépend pas seulement de l'espèce cellulaire, mais aussi des conditions physiologiques de la cellule au moment de l'irradiation.

Récemment, les recherches de M. Jolly sur la formation du sang chez l'embryon l'ont conduit à imaginer une technique qui doit permettre, dans l'étude de l'embryologie des Mammifères, d'aborder expérimentalement une série de problèmes d'un haut intérêt général. Il a réussi en effet à cultiver *in vitro* (à 39° dans du plasma incoagulable) les jeunes embryons extraits de l'utérus, et il a pu observer ainsi directement sous le microscope, à partir de la ligne primitive, les phases les plus importantes de la constitution de l'embryon. On a donc là, maintenant, le moyen d'agir expérimentalement sur sa différenciation. Dès à présent, M. Jolly a montré le pouvoir que possèdent certaines parties de l'embryon de former des vaisseaux indépendants, sans union primitive avec le cœur, et même avant l'apparition de celui-ci. Il a montré également, par des expériences réalisées *in vitro* sur l'embryon de rat en culture, la capacité de régulation que possède une seule des deux ébauches cardiaques lorsque l'autre a été enlevée ou détruite.

On voit, par les indications précédentes, l'ampleur des recherches de M. Jolly et la portée féconde qu'elles ont dans certaines des parties les plus modernes et les plus importantes de la Biologie expérimentale contemporaine. La Commission a été unanime à témoigner son estime pour ces recherches, en proposant l'attribution à M. J. Jolly du prix Estrade-Delcros.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOULLEVIGUE.

(Commissaires : MM. H. Deslandres, L. Lecornu, Ém. Borel, M. Brillouin, M. d'Ocagne, H. Lebesgue; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Bernard Lyot**, astronome adjoint à l'Observatoire de Meudon, pour ses travaux sur la couronne solaire.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SAINTOUR.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P. Marchal, P.-A. Dangeard, H. Vincent, M. Caullery; M. Molliard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Antoine de Cugnac**, docteur ès sciences naturelles, assistant à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur les Graminées.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JULES MAHYER.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, M. Caullery, L. Blaringhem, C. Pérez; M. Molliard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Robert Echevin**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux de physiologie végétale.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LONCHAMPT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Leclainche, G. Bertrand, M. Delépine, G. Moussu; M. Javillier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Lavollay**, boursier de recherches de la Caisse nationale de la Recherche scientifique, pour ses travaux sur la biochimie du magnésium.

M. Lavollay a étudié la carence magnésienne chez l'animal, établi la loi de croissance en fonction de la concentration du régime en Mg, mis en évidence la relation entre teneur de l'aliment en Mg et utilisation des glucides. Étudiant les échanges de bases dans les sols, il a montré l'importance pour la croissance des plantes du rapport Ca/Mg dans les *solutions* du sol. Sur *Aspergillus niger*, il a établi la loi d'action du Mg et observé que la carence magnésienne s'accompagne d'une production de flavines témoignant d'une profonde modification des processus d'oxydation. Des techniques affinées, un sens avisé de l'observation, un bon ensemble de faits, rendent M. Lavollay tout à fait digne du prix.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRY WILDE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, H. Deslandres, A. Lacroix, Ém. Borel, G. Bertrand, E. Esclangon; J. Perrin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Horia Hulubei**, membre de l'Académie roumaine, pour sa découverte de l'élément 87 appartenant à la série des métaux alcalins.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX CAMÉRÉ.

(Commissaires : MM. L. Lecornu, J.-L. Breton, P. Séjourné, J. Drach, E. Jouguet, A. Caquot; M. d'Ocagne, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis Grelot**, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, professeur à l'École nationale des Ponts et Chaussées, pour sa contribution aux progrès réalisés dans la construction des ponts métalliques et en béton armé.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GUSTAVE ROUX.

(Commissaires : MM. A. Cotton, A. Béhal, Ém. Picard, R. Bourgeois L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Henri Vigreux**, chef d'atelier à la Faculté des sciences de Paris, professeur de soufflage du verre à l'École de physique et de chimie de la Ville de Paris et aux Écoles normales supérieures de Sèvres et de Saint-Cloud, pour son ouvrage intitulé : *Le soufflage du verre dans les laboratoires scientifiques et industriels*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX THORLET.

(Commissaires : MM. A. Cotton, A. Béhal, Ém. Picard, A. Lacroix, R. Bourgeois, L. Bouvier.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX ALBERT Ier DE MONACO.

(Commissaires : MM. A. Cotton, A. Béhal, Ém. Picard, A. Lacroix, L. Lecornu, J. Hadamard, R. Bourgeois, M. Brillouin, J. Drach, J. Chazy; Ém. Borel, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Arnaud Denjoy**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de son œuvre mathématique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MARQUET.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, H. Deslandres, L. Lecornu, A. Cotton, E. Cartan, H. Villat; Ém. Borel, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Raoul Bricard**, professeur honoraire au Conservatoire National des Arts et Métiers et professeur à l'École centrale, pour ses travaux de géométrie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DU GÉNÉRAL MUTEAU.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, R. Bourgeois, Ém. Borel, G. Perrier, J. Tilho, G. Durand-Viel; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Abraham**, professeur honoraire à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux en électricité, principalement pour les nombreux appareils qu'il a créés avec leurs applications variées dont quelques-unes ont été utiles à la Défense nationale, et pour les progrès importants réalisés dans les mesures de haute précision.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE.

Le prix est décerné à M. **Roger Loison**, né à Aureilhan (Hautes-Pyrénées), le 20 juin 1917, sorti premier de l'École polytechnique.

PRIX L.-E. RIVOT.

Le prix est partagé entre les quatre élèves dont les noms suivent, sortis en 1938, avec le n° 1 ou 2, de l'École polytechnique, dans les corps des mines et des ponts et chaussées :

M. **Roger Loison**, entré premier à l'École des mines, reçoit 750fr.

M. **Louis Boucheny**, entré second à l'École des mines, reçoit 500fr.

M. **André Pages**, entré premier à l'École des ponts et chaussées, reçoit 750fr.

M. **Paul Clos**, entré second à l'École des ponts et chaussées, reçoit 500fr.

FONDS GÉNÉRAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT.

(Commissaires : MM. A. Cotton, A. Béhal, Ém. Picard, A. Lacroix, R. Bourgeois; L. Bouvier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à Mme **Louise Nouvel**, docteur ès sciences, pour son ouvrage intitulé : *Contribution à l'étude de la mue, de la croissance et de la régénération chez les Crustacés Natantia*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION GEGNER.

(Commissaires : MM. A. Béhal, Ém. Picard, A. Lacroix, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Cotton, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Marius Aubert**, maître de Conférences adjoint à la Faculté des sciences, pour ses recherches sur les moteurs à explosion.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION JÉRÔME PONTI.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, Ém. Borel, J. Perrin, Ch. Fabry, R. Bourgeois; H. Villat, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Joseph Pérès**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur la mécanique des fluides.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HIRN.

(Commissaires : MM. A. Béhal, Ém. Picard, A. Lacroix, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Cotton rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Henri Chrétien**, professeur à la Faculté des sciences, pour ses recherches sur les instruments d'optique.

M. Henri Chrétien, actuellement âgé de 59 ans, a débuté dans la vie comme ouvrier typographe. Il s'est instruit par lui-même, a passé les examens du baccalauréat et de la licence. Plus tard, il est entré à l'Observatoire de Nice, où il a été chargé de l'installation d'un spectrohéliographe. Il a été ainsi conduit à l'étude approfondie des problèmes de l'Optique géométrique. En 1910, M. Chrétien a été envoyé, pour un an, à l'Observatoire du Mont Wilson, où il a travaillé particulièrement avec Ritchey.

Pendant la guerre, il a réalisé plusieurs instruments d'optique ingénieux, entre autres un « collimateur » et des appareils pour l'aviation.

Lors de la création de l'Institut d'Optique, M. Chrétien a été chargé, d'abord comme chef de Travaux, puis comme maître de Conférences, d'enseigner le calcul des combinaisons optiques. Son cours, très original, a été autographié.

On lui doit l'invention et l'étude de divers instruments d'optique, entre autres du « Télescope Ritchey-Chrétien », dont Ritchey a été le constructeur, mais dont M. Chrétien a été le théoricien.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRI BECQUEREL.

(Commissaires : MM. A. Cotton, A. Béhal, A. Lacroix, R. Bourgeois, L. Bouvier; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Paul Delens**, professeur au Lycée Saint-Louis, pour ses travaux d'analyse et de géométrie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION LOUTREUIL.

(Membres du Conseil : MM. A. Cotton, Ém. Picard, L. Bouvier, M. de Broglie ; A. Lacroix, rapporteur.)

L'Académie a reçu 35 demandes. Après avis du Comité consultatif de la Fondation, le Conseil a décidé d'accorder les 24 subventions qui vont être énumérées suivant leur nature.

Ce Conseil, pris parmi les membres de l'Académie chargés d'attribuer les subventions, se voit dans l'obligation de rappeler quelques principes qui semblent avoir été perdus de vue, malgré les remarques verbales faites souvent par qui de droit aux intéressés.

1° Le donateur de la fondation a spécifié qu'un *Comité consultatif*, composé d'un représentant de quelques Établissements désignés par lui et éventuellement par le représentant d'autres Établissements ou par des savants choisis par le Président de l'Académie, serait chargé d'examiner les demandes et de donner son avis sur elles au Conseil auquel appartient la décision.

Or peu à peu, les Établissements en question, encouragés sans doute par la bienveillance, avec laquelle le Conseil a jusqu'ici accueilli les demandes *faites par eux pour eux-mêmes*, en sont arrivés à considérer que la présence de leur représentant dans le Conseil consultatif constitue un *droit absolu à* recevoir, chaque année, une ou plusieurs subventions importantes, alors que le donateur n'a entendu leur attribuer que la mission honorifique de donner un avis sur les demandes de toute origine.

Peu à peu, ces exigences se sont accrues et ce qui est demandé ainsi dépasse souvent, et de beaucoup, la totalité de la somme à distribuer.

2° Le règlement indique que toute demande émanant d'un Établissement, quel qu'il soit, doit être accompagnée du procès-verbal de la séance du Conseil de cet Établissement, dans laquelle la demande a été discutée et endossée par lui. Cette formalité importante n'est pas toujours remplie, ce qui entraîne des réclamations fastidieuses. De plus, il va de soi qu'il ne s'agit pas là simplement d'une formalité et que ledit procès-verbal doit être accompagné, comme pour les chercheurs libres, de précisions sur l'objet de la demande et sur la façon dont la subvention escomptée doit être employée, condition exigée de tous les demandeurs.

3° Depuis quelques années, afin de rendre plus clair l'emploi des fonds qui nous sont confiés, dans notre rapport, les subventions sont énumérées suivant la nature de leur objet. Ce n'est pas sans surprise que, depuis peu, nous avons vu apparaître la prétention d'un même Établissement à recevoir, dans la même année, des subventions sur plusieurs de ces postes, qui n'ont aucune réalité administrative.

4° Il doit être rappelé que les fonds mis à la disposition de l'Académie sont destinés d'*une façon impérative* à encourager le progrès des sciences, à la fois parmi les chercheurs libres et parmi ceux des Établissements de haute culture scientifique, *autres que les Universités*, M. Loutreuil ayant consacré à celles-ci une fondation parallèle à la nôtre, dont la gestion appartient à l'Université de Paris.

5° Les Établissements et les personnes, qui, au cours d'une année, auraient adressé, pour un même objet, une sollicitation de subvention à l'Académie et à un autre organisme doivent le signaler dans leur demande.

6° Enfin le Conseil exprime le regret de voir les demandes concernant les recherches proprement dites à effectuer sur un plan bien défini, aussi peu nombreuses, par rapport aux demandes destinées à acheter du matériel de laboratoire, ou à accroître des bibliothèques, ce genre d'aide lui semble devoir être du ressort de la Commission compétente de la Caisse nationale des Recherches.

Recherches sur des questions déterminées.

3000fr à Mlle **Françoise Bloch**, assistante du service d'anatomie pathologique de la tuberculose à l'Institut Pasteur, pour ses travaux concernant les tuberculoses cutanées.

2000fr à MM. **André Brizard** et **René Florio**, chefs de travaux à l'École nationale vétérinaire de Toulouse, pour des recherches sur le dermatose du Cheval et du Chien.

7500fr à MM. **Daniel Chalonge** et **Daniel Barbier**, astronomes-adjoints à l'Observatoire de Paris, et **Albert Arnulf**, astronome, pour des travaux à effectuer à la Station scientifique internationale du Jungfraujoch.

6000fr à M. **Lucien Daniel**, Correspondant de l'Académie des sciences, professeur honoraire de botanique agricole à la Faculté des sciences de Rennes, pour des travaux de culture pédigrée du Topinambour.

3000^{fr} à M. **René Dubrisay**, professeur du cours de chimie générale au Conservatoire national des arts et métiers, pour des études consacrées à l'action du soufre sur différents métaux et notamment l'argent.

5000^{fr} à M. **Albert F. de Lapparent**, chargé de cours de géologie à l'Institut catholique, pour des recherches sur les Dinosauriens du Midi de la France.

2000^{fr} à M. **Albert Métral**, professeur de mécanique au Conservatoire national des arts et métiers, pour des recherches sur l'augmentation du rendement des moteurs thermiques par transformation en énergie réactive des énergies potentielle et cinétique des gaz d'échappement.

5000^{fr} à M. **Maurice Pierre**, professeur agrégé à l'Ecole nationale vétérinaire de Toulouse, pour des recherches sur le mécanisme régulateur de la calcémie et de la phosphatémie chez les animaux domestiques.

Recherches à effectuer dans la France d'outre-mer.

8000^{fr} à M. **Antoine Lasserre**, directeur honoraire de l'Institut de météorologie et de physique du globe de l'Algérie, pour des recherches sur le magnétisme terrestre en Algérie et dans l'Extrême sud algérien.

Achat de matériel de laboratoire.

4000^{fr} à M. **Frédéric Diénert**, professeur d'hydrologie appliquée à l'Institut national agronomique, pour l'achat d'appareils destinés à l'utilisation des méthodes géophysiques pour l'étude des courants souterrains.

5000^{fr} à M. **Pierre Fleury**, professeur de physique générale au Conservatoire national des arts et métiers, pour l'achat d'un thermoconvertisseur double de Moll, en vue d'une étude sur la photométrie des lampes à incandescence alimentées en courant alternatif.

3000^{fr} à M. **Pierre Frémy**, docteur ès sciences, professeur à l'Institut libre de Saint-Lô, pour l'achat d'un appareillage de photomicrographie.

3000^{fr} à M. **Pierre Lamare**, professeur de géologie appliquée à l'agriculture à l'Institut national agronomique, pour l'achat d'une balance de précision.

2000^{fr} à M. **Joseph Lefèvre**, professeur d'agriculture générale à l'Ins-

titut national agronomique, pour l'acquisition d'un matériel de microphotographie.

10000fr à M. **Emile Marchoux**, professeur à l'Institut Pasteur, membre de l'Académie de médecine, comme contribution à l'achat d'un spectrographe de Feussner à installer à l'Institut Pasteur.

9000fr au P. **Pierre Teilhard de Chardin**, docteur ès sciences, comme contribution à l'équipement de son laboratoire des Hautes études, consacré à la Paléontologie humaine.

Bibliothèques.

7000fr à l'**École nationale vétérinaire d'Alfort**, pour l'achat de périodiques.

7000fr à l'**École nationale vétérinaire de Lyon**, pour l'achat d'ouvrages et de périodiques étrangers.

2000fr à l'**École nationale vétérinaire de Toulouse**, pour l'achat d'ouvrages et de publications scientifiques.

2000fr à l'**Institut national agronomique**, pour l'acquisition de périodiques étrangers.

Publications.

8000fr au **Comité de physique du globe des colonies**, comme contribution à la publication des Annales de physique du Globe de la France d'Outre-Mer.

3000fr à M. **Paul Chabanaud**, docteur ès sciences, directeur d'études à l'École pratique des Hautes études, pour la publication et l'illustration de travaux sur la morphologie des Téléostéens dissymétriques (Poissons pleuronectes).

3000fr à M. **Gabriel Guilbert**, météorologiste, pour l'impression d'un ouvrage intitulé : *L'Orage, sa genèse, ses mystères, sa prévision.*

8000fr à M. **Paul Lemoine**, professeur de géologie au Muséum national d'histoire naturelle, comme aide à la publication d'une étude géologique de l'Ile de France.

L'ensemble des subventions accordées s'élève à la somme de 117500fr. Nous en donnons la récapitulation dans le tableau suivant :

1° *Recherches sur des questions déterminées :*

	fr	
Mlle Françoise Bloch	3000	
MM. André Brizard, René Florio	2000	
MM. Daniel Chalonge, Daniel Barbier, Albert Arnulf	7500	
M. Lucien Daniel	6000	
M. René Dubrisay	3000	33500
M. Albert F. de Lapparent	5000	
M. Albert Métral	2000	
M. Maurice Pierre	5000	

Recherches à effectuer dans la France d'outre-mer :

M. Antoine Lasserre	8000	8000

2° *Achat de matériel de laboratoire :*

M. Frédéric Diénert	4000	
M. Pierre Fleury	5000	
M. Pierre Frémy	3000	
M. Pierre Lamare	3000	36000
M. Joseph Lefèvre	2000	
M. Émile Marchoux	10000	
Le P. Pierre Teilhard de Chardin	9000	

3° *Bibliothèques :*

École nationale vétérinaire d'Alfort	7000	
École nationale vétérinaire de Lyon	7000	18000
École nationale vétérinaire de Toulouse	2000	
Institut national agronomique	2000	

4° *Publications :*

Comité de physique du globe des Colonies	8000	
M. Paul Chabanaud	3000	22000
M. Gabriel Guilbert	3000	
M. Paul Lemoine	8000	
Total		117500

FONDATION Mme VICTOR NOURY.

(Commissaires : MM. A. Cotton, A. Béhal, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner quatre prix de 2500fr :

à M. **André Lenoble**, ingénieur-géologue au Service géologique de Madagascar, à Tananarive, pour ses recherches sur la succession chronologique des éruptions volcaniques du centre de Madagascar, l'âge des coulées de la côte orientale et sa découverte de restes organisés dans le Cristallophyllien de l'Ile;

à M. **Aimé Luquet**, professeur de sciences naturelles au lycée de Montpellier, pour ses travaux de biogéographie et particulièrement pour ceux concernant le Massif Central;

à M. **Emile Thellier**, agrégé de physique, assistant à l'Institut de physique du globe de la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur l'aimantation des argiles et des terres cuites, avec application à l'étude de l'évolution du champ magnétique terrestre;

à M. **Pierre Vintemberger**, chef de travaux à la Faculté de médecine de Strasbourg, pour ses recherches d'embryologie expérimentale.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION MILLET-RONSSIN.

(Commissaires : MM. L. Cayeux, C. Jacob, P.-A. Dangeard, A. Guilliermond, P. Marchal, C. Pérez; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

un prix de 4000fr à M. **Alfred Balachowsky**, directeur de laboratoire à la Station de zoologie agricole du centre de recherches agronomiques de Versailles, pour son œuvre d'entomologie appliquée à l'agriculture, et en particulier sur son livre « *Les Insectes nuisibles aux Plantes cultivées* » publié en collaboration avec M. L. Mesnil;

un prix de 3000fr à M. l'abbé **Alfred Carpentier**, professeur de botanique à la Faculté libre des sciences de Lille, pour ses travaux de paléo-

botanique, et particulièrement sur ceux concernant le terrain houiller du Nord de la France et du Massif central, le Permien, le Jurassique et le Crétacé de France, du Maroc et de Madagascar;

un prix de 3000fr à M. **Henri Chermezon**, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour ses travaux sur les Cypéracées et la Flore de Madagascar.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION VILLEMOT.

(Commissaires : MM. A. Cotton, A. Béhal, Ém. Picard, E. Cartan, J. Drach, C. Maurain, J. Tilho, L. Cayeux, L. Blaringhem, L. Lapicque, M. Caullery, P. Portier, M. de Broglie, C. Camichel, R. Esnault-Pelterie; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose les attributions suivantes :

12000fr à M. **Louis Blaringhem**, membre de l'Académie des sciences, pour l'installation à l'Arboretum Gaston Allard, à Angers, d'une couche à chauffage électrique régulier, par récupération et à humidité constante;

14000fr à Mlle **Germaine Cousin**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Paris, pour l'achat d'étuves nécessaires à des élevages;

10000fr à M. **Georges Deflandre**, maître de recherches de la Caisse nationale, pour l'achat d'objectifs de microscope;

12500fr à M. **Louis Dunoyer**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'achat d'un micropyromètre optique de Ribaud;

5500fr à M. **Ernest Esclangon**, membre de l'Académie des sciences, pour la construction d'une horloge double à deux cadrans, indiquant simultanément, avec une très haute précision, le temps solaire moyen et le temps sidéral moyen;

15000fr à M. **Henri Guillon**, professeur à l'École de chauffage industriel, pour le perfectionnement d'un appareillage destiné à la mesure des hautes températures des gaz, par la méthode du pyromètre à aspiration;

10000fr à M. **Charles Harnist**, docteur ès sciences, pour ses recherches

en vue de la mise au point d'un procédé de fabrication de l'acide sulfurique à partir du gypse;

10000fr à l'**Institut Marey**, pour des recherches concernant la cinématographie ultra-rapide et l'enregistrement oscillographique de l'influx nerveux;

25000fr au R. P. **Pierre Lejay**, Correspondant de l'Académie des sciences, directeur de l'Observatoire de Zi-Ka-Wei, pour ses recherches sur les applications du pendule électrique inversé à la détermination précise de l'inclinaison des axes d'instruments astronomiques;

10000fr à M. **Michel Macheboeuf**, professeur à la Faculté de médecine et de pharmacie de Bordeaux, pour ses recherches sur les phénomènes chimiques de l'immunité;

15000fr à M. **Roger Martin**, directeur des Services techniques de l'Office central de chauffe rationnelle, pour le perfectionnement du matériel du laboratoire de thermochimie destiné à la détermination des quantités d'énergie résultant des principales combustions ou réactions utilisées dans l'industrie;

8000fr à M. **Albert Peyron**, directeur de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour ses études de pathologie expérimentale et comparée des tumeurs;

20000fr à M. **André Savornin**, ingénieur au Corps des mines, chef du Service géologique de Madagascar, pour l'achat d'une boussole d'inclinaison destinée à des mesures magnétiques absolues;

12000fr à M. **Hyacinthe Vincent**, membre de l'Académie des sciences, pour l'achat d'animaux d'expérience et de réactifs destinés à ses recherches sur la pathogénie de certaines maladies infectieuses et les conditions d'immunité dans ces maladies;

10000fr à M. **René Wurmser**, directeur suppléant du Laboratoire de physiologie à la Faculté des sciences de Paris, pour l'achat d'animaux d'expérience.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION CHARLES FRÉMONT.

(Commissaires : MM. A. Cotton, A. Béhal, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Charles Berthelot**, ingénieur-conseil, pour ses ouvrages intitulés : *Technique et Économie nouvelles des carburants de synthèse* et *Épuration, séchage, agglomération et broyage du charbon*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION LANNELONGUE.

(Commissaires : MM. A. Cotton, A. Béhal, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à Mme **Gabriel Cusco**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION GIRBAL-BARAL.

(Commissaires : MM. A. Cotton, A. Béhal, A. Lacroix, R. Bourgeois, L. Bouvier; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer deux allocations de 10000fr :

à M. **Frédéric Marty**, maître de conférences de mathématiques à la Faculté des sciences de Marseille;

à M. **Frédéric Roger**, docteur ès sciences mathématiques.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX D'AUMALE.

(Commissaires : MM. A. Cotton, A. Béhal, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer deux prix de 5000^{fr} :

à la veuve de **Charles Gravier**, membre de la Section d'anatomie et zoologie;

à la fille de feu **Charles Flahault**, membre non résidant;

en témoignage de haute estime pour ces deux savants éminents qui ont honoré la Science et l'Académie.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

LECTURE.

M. **Alfred Lacroix**, Secrétaire perpétuel, lit une Notice historique sur quatre botanistes Membre ou Correspondants de l'Académie des Sciences ayant travaillé pour la France d'outre-mer de la fin du siècle dernier à nos jours.

A. Lx. et É. P.

TABLEAU DES PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS.

ANNÉE 1938.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

OUVRAGES DE SCIENCES.

MÉDAILLES.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

FONDS GÉNÉRAUX

DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 27 DÉCEMBRE 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes du Nouvel an la prochaine séance ordinaire aura lieu le mardi 3 janvier au lieu du lundi 2.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires.* Note de M. **Henri Deslandres**.

La Note actuelle prolonge une Note des *Comptes rendus* du 2 novembre 1938, présentée sous le même titre, et dans laquelle l'analyse nouvelle a été appliquée aux molécules PCl^3 et PCl^5.

Or mon Confrère Delépine m'a signalé une discussion importante, ouverte par le grand chimiste Urbain sur la structure réelle du chloroforme $CHCl^3$. D'après la théorie classique, le carbone tétravalent est uni à l'atome H et aux trois atomes Cl qui sont monovalents; mais Urbain, s'appuyant sur des faits chimiques, estime que cette molécule est une combinaison moléculaire formée par les deux groupes d'atomes ClH et CCl^2 (1).

J'ai appliqué au chloroforme l'analyse nouvelle, qui peut fournir des renseignements utiles, et j'ai étendu la recherche au chlorure d'ammonium $ClNH^4$.

Pour les détails et les propriétés de l'analyse le lecteur est prié de se

---

(1) Voir en particulier le tome II page 48 du volume *Coordination des atomes dans la molécule* (1933), par Urbain.

reporter aux 18 Notes antérieures sur le sujet et en particulier à la dernière du 2 novembre.

Sous l'influence des chocs et rayonnements multiples que reçoit la molécule, ses atomes et électrons sont déplacés et offrent plusieurs arrangements distincts. Dans chaque arrangement, les atomes forment plusieurs groupes, réduits en général à deux, qui s'opposent et activent chacun les électrons de l'autre par anneaux et sous-anneaux; mais les radiations et fréquences qui en résultent, fréquences qui sont liées directement au nombre d'électrons activés, doivent être égales. Cette égalité des fréquences est plus facile lorsque les électrons des deux groupes sont à peu près en nombre égal, et la durée de l'arrangement est plus longue lorsque ces deux groupes ou même un seul, sont des molécules stables, capables de bien résister aux causes de démembrement. Ces particularités ont été reconnues sur de nombreuses molécules.

Avec le chloroforme, il suffira d'examiner avec soin les arrangements $CHCl\text{-}Cl^2$ et $ClH\text{-}CCl^2$, numérotés I et II. *A priori*, d'après les remarques qui précèdent, le deuxième arrangement, préconisé par Urbain, est le plus fréquent; car il contient la molécule ClH, très stable, qui a le nombre d'électrons du gaz rare l'argon.

Le tableau XVIII ci-contre présente d'abord la liste *Act.* des nombres s' d'électrons activables dans les deux parties de chaque arrangement. On recherche les nombres s' qui sont communs à ces deux parties et qui doivent se retrouver dans l'analyse des fréquences et surtout des fréquences les plus intenses. Or ces nombres s' privilégiés sont plus nombreux dans l'arrangement II du composé ClH que dans les autres arrangements.

L'analyse des cinq fréquences les plus intenses du chloroforme est présentée plus bas; elle est complète seulement pour la fréquence de l'intensité maxima. Les nombres s' les plus importants sont 18 et ses sous-multiples 9 et 6, auxquels on peut joindre les nombres 12 et 27, puis le nombre 8 et ses multiples 16, 32, 40, et le nombre 17. La plupart de ces nombres sont rattachés à l'arrangement II, qui est de beaucoup le plus fréquent, les autres arrangements n'étant pas exclus. La disposition des atomes, soutenue par Urbain, est confirmée.

Le tableau donne ensuite la liste *Act.* et l'analyse de la molécule $ClNH^4$. *A priori*, l'arrangement II $ClH - NH^3$ est le plus fréquent, car ses deux parties sont des molécules très stables, qui ont le nombre d'électrons du néon et de l'argon. Les deux fréquences principales sont des fractions simples de la constante universelle d_1, et sont rattachées plutôt à l'arran-

Tableau XVIII. — *Analyse de fréquences infrarouges de molécules* (1).

Liste Act. — Nombres s' d'électrons des anneaux (a.) et sous-anneaux (a″. et a′.) activables dans les atomes et groupes d'atomes des molécules $CHCl^3$, $ClNH^4$ et $K^4Fe(CN)^6+3OH^2$ (2).

	$CHCl^3$. I.		*$CHCl^3$.* II.		*$ClNH^4$.* I.		*$ClNH^4$.* II.		*$K^4Fe(CN)^6.(OH^2)^3$.*				
	CClH.	*Cl^2.*	*ClH.*	*CCl^2.*	*Cl.*	*NH^4.*	*ClH.*	*NH^3.*	*K^4.*	*Fe.*	*$(CN)^6$.*	*$(OH^2)^3$.*	
.....	8	10	6	12	5	7	6	6			30	18	1 a′.
.....	12	14	8	18	7	9	8	8	4	2	54	24	1 a.
.....										8			2 a″.
.....	20	26	14	32	13		14		28	14			2 a′.
.....	22	30	16	36	15	11	16	10	36	16	78	30	2 a.
.....									60	22			3 a′.
.....	24	34	18	40	17		18		68	24			3 a.
.....									76	26			4 a.

Molécule - mode d'excitation.	Intensité entre ( ) et fréquence de la radiation en cm^{-1}.	Multiple correspondant de $d_1/s'r'$ et résidu.	Nombres s' d'électrons activés dans l'atome ou groupe d'atomes et nombre de leurs anneaux.
l³ liquide Raman....	$\nu=(10)\ 667,4=$	$34d_1/18\times3-1,6$	18 de ClH 3 a. et CCl^2 1 a.
réquences,		$5d_1/\ 8\quad +3,3$	8 de ClH 1 a. et 16 de ClH 2 a.
électrons.			32 de CCl^2 2 a′. et 40 de CCl^2 3 a.
		$32d_1/17\times3+0,7$	17 de ClH^- 2 a. et CCl^{2+} 1 a.
		$17d_1/\ 9\times3-1,6$	9 de $CClH^-$ et Cl^{2+} 1 a′.; 27 de Cl^{2-} 2 a.
		$29d_1/23\times2-2,4$	23 de $CClH^+$ 3 a.
		$22d_1/\ 7\times5-0,3$	5 de CH 1 a. et Cl 1 a′.; 7 de CH 2 a. et Cl 1 a.
	$\nu=\ (5)\ 265,6=$	$2d_1/\ 8\quad -4,1$	16 de ClH 2 a. et 32 de CCl^2 2 a′.
	$\nu=\ (5)\ 365,7=$	$11d_1/32\quad +0,5$	id.
	$\nu=\ (4)\ 1758,6=$	$53d_1/32\quad -0,8$	id.
	$\nu=\ (3)\ 3019,9=$	$91d_1/32\quad -1,6$	id.
I⁴ cristal Raman....	$\nu=\ (8)\ 3050,0=$	$23d_1/\ 8\quad +0,3$	8 de ClH et NH^3 1 a.
réquences dont une	$\nu=\ (4)\ 1700,0=$	$8d_1/\ 5\quad +0,0$	10 de NH^3 2 a. et 8×5 de ClH 1 a.
ateuse, 28 électrons.	$\nu=\ (2)\ 3155,0=$	$95d_1/32\quad +0,7$	8 de ClH et NH^3 1 a.
		$104d_1/\ 7\times5-2,1$	7 de Cl 1 a. et NH^4 1 a′., de ClH^+ 1 a et NH^{3-} 1 a′.
$(CN)^6(OH^2)^3$			
istal Raman........	$\nu=\ 2161,0=$	$57d_1/28\quad -1,9$	28 de K^4 2 a′. et 14 de Fe 2 a′.
e fréquence,		$59d_1/29\quad -0,6$	29 de K^{4-} 2 a′. et de $(CN)^{6+}$ 1 a′.
électrons.		$61d_1/30\quad +0,6$	30 de $(CN)^6$ 1 a′. et de $(OH^2)^3$ 2 a.
$(CN)^4$			
lution Raman......	$\nu=\ 2095\ =$	$67d_1/34\quad +1,2$	17 de Cu 2 a′. et de K 3 a.
e fréquence,		$71d_1/36\quad +0,4$	36 de $(CN)^4$ 1 a.
électrons.			
$CN)^2$ cristal Raman.	$\nu=\ 2139\ =$	$143d_1/18\times4-0,8$	18 de $(CN)^2$ 2 a.
e fréquence,		$145d_1/19\times4+0,0$	19 de K 4 a et de Ag 2 a.
électrons,			

On rappelle que la formule générale (1) $\nu=q\,d_1/s'r'$ est la base de cette analyse spéciale, ν étant une ence de la molécule, d_1 la constante universelle 1062,5, s' le nombre des électrons excités, q et r' des res entiers. On recherche les nombres $s'r'$ qui, portés dans la formule (1), reproduisent la fréquence.

Les fréquences du Tableau sont tirées des Mémoires : $CHCl^3$, par Cabannes et Rousset, *Ann.* , 19, 1933, p. 229; NH^4Cl, par Piaux, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 66 et 1127; $K^4Fe(CN)^6$ g$(CN)^2$, par Krishnamurti, *Ind. Journ. Phys.*, 5, 1930, p. 663; $K^3Cu(CN)^4$), par Braune Engelbrecht, *Phys. Chemie*, B. 11, 1931, p. 409.

gement II. La disposition la plus fréquente des atomes n'est pas celle généralement admise.

II. L'égalité des fréquences émises par les différentes parties de la molécule a été vérifiée déjà sur plus de 150 molécules, le nombre des parties étant en général de deux et parfois de trois. Ces molécules, relativement simples, sont conformes à la théorie des valences. Or j'ai pensé que les autres molécules moins simples, telles que les sels doubles et les complexes, régies par les lois différentes de coordination de Werner, mais déjà divisées en parties par les chimistes, devaient offrir aussi l'égalité des fréquences propres de ces parties. Mais les données actuelles de l'observation sont le plus souvent insuffisantes, le spectre Raman ayant été relevé seulement pour un petit nombre de complexes. On peut tout au moins examiner leur liste *Act.*, déduite de leur formule chimique.

Le Tableau présente l'analyse des trois complexes $K^4Fe(CN)^6 + 3OH^2$, $K^3Cu(CN)^4$ et $KAg(CN)^2$ et en plus la liste *Act.* du premier. Le spectre Raman de ces trois molécules est simple et offre une seule fréquence, voisine de d_1 ou de $2d_1$. Dans ce cas spécial, les nombres s' donnés par l'analyse se suivent avec des différences de une ou deux unités. En fait, avec la première molécule, les nombres s' 28, 30 et 29 de la liste *Act.* se retrouvent dans l'analyse et les quatre parties de la molécule ont des fréquences égales ou très voisines. Les deux autres complexes, avec trois parties seulement, donnent un résultat identique.

Lorsque le spectre Raman n'est pas mesuré, la liste *Act.* donne souvent des indications utiles. Avec la carnallite $MgCl^2$, KCl, $(OH^2)^6$, les premiers anneaux des trois parties ont 16, 8 et 48 électrons; les conditions sont favorables à l'émission de fréquences égales. De même avec la molécule $Co(NH^3)^6Cl^3$ qui est la tête d'une série de Werner dont la dernière molécule est $CoCl^6K^3$. Les atomes Co, Cl et K ont les mêmes nombres s' 15 et 17 d'électrons activables et sont aisément substitués l'un à l'autre. Or $CoCl^3$, avec s' égal à 15, a 60 électrons, et les 6 molécules NH^3, avec s' égal à 10, ont aussi 60 électrons.

La formule simple qui relie chaque fréquence de la molécule aux électrons activés de ses atomes, et l'égalité nécessaire des fréquences émises par ses diverses parties m'ont permis en 1934 d'expliquer les valences des atomes, en tenant compte de la stabilité maxima acquise par les molécules ayant le nombre d'électrons des gaz rares (²). Il est possible que l'on explique

(²) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 393 et 1543.

de la même manière les indices de coordination de Werner; auquel cas toutes les molécules seraient sous la dépendance d'une même loi simple. La condition imposée par la loi est nécessaire; mais est-elle suffisante? Elle paraît suffire avec les molécules A^2, A étant un atome qui n'appartient pas à la famille de l'hélium. En tout cas, il faut mesurer avec soin les radiations des complexes.

En outre j'ai commencé l'étude des catalyseurs, ayant toujours pensé que leur action curieuse était due à leur rayonnement. J'ai examiné deux catalyseurs bien connus, le platine, qui assure la formation rapide de l'eau et le sulfate de cuivre, utilisé pour la préparation du chlore dans un mélange d'air et d'acide chlorhydrique à 430°. Or les premiers sous-anneaux et anneaux du platine ont 10, 16 et 18 électrons et ceux de l'eau 8, 9 et 10 électrons. L'analyse du spectre Raman de $CuSO^4$ révèle pour les électrons activés les nombres s' 13, 15 et 17, qui sont les nombres d'électrons des deux premiers anneaux et des trois anneaux du chlore. Le catalyseur favoriserait la formation des composés qui ont avec lui en commun plusieurs nombres s' d'électrons activables; mais le nombre des catalyseurs étudiés est encore trop restreint.

L'étude complète des radiations émises par les molécules apparaît très utile et capable d'éclairer plusieurs points encore obscurs de la chimie actuelle.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Azote, organates et richesse saccharine dans la Betterave.* Note de MM. **Henri Colin** et **Maurice Simon**.

La richesse saccharine, dans la racine de Betterave, est en raison inverse de la teneur en matières minérales; à une partie de cendres correspondent, dans les bonnes variétés sucrières, de 20 à 25 parties de sucre, 4 à 6 seulement dans les fourragères typiques. Il n'est pas d'exemple plus frappant du balancement entre les cendres et le sucre en vue du réglage de la pression intracellulaire; si la conductibilité électrique est bien différente d'une sorte de Betterave à l'autre, il s'en faut que l'abaissement du point cryoscopique varie dans la même proportion.

En se reportant aux données concernant l'amélioration progressive de la Betterave industrielle, on voit de même décroître les chiffres de minéralisation au fur et à mesure que la teneur en sucre augmente; les Bette-

raves de jadis, à 8-9 de sucre pour 100, avaient 8 de cendres pour le moins, les variétés actuelles, à 17-18 de sucre, n'en ont plus que 3 environ.

Les cendres sont de deux sortes, des sels neutres et des carbonates, ces derniers résultant de l'incinération des combinaisons organo-minérales, des sels d'acides organiques principalement. Les uns ne sont pas absolument indépendants des autres, entre les bases combinées aux acides minéraux et celles qui salifient les acides organiques le rapport est assez constant [1], un peu plus grand que l'unité. Richesse saccharine et teneur en organates varient donc en sens contraire.

Les Betteraves les plus riches en sucre étant également les plus pauvres en matières azotées, azote et organates vont ainsi de pair, ce qui laisse supposer que ceux-ci proviennent pour une part de l'assimilation de l'azote. En effet, la dislocation des nitrates dans la plante ne va pas sans mise en liberté de bases minérales qui n'y sauraient subsister telles quelles et ne peuvent être neutralisées que par les acides organiques.

Liebig estimait que les bases minérales, la potasse principalement, servent avant tout à neutraliser une partie des acides organiques que ces plantes produisent fatalement. Il ne prenait pas garde à l'autre aspect de la question, la neutralisation nécessaire, par les acides organiques, des bases libérées à partir des nitrates et des sulfates. Les plantes mises dans l'impossibilité d'assimiler n'en élaborent pas moins de l'acidité qui reste libre en grande partie; dès que l'assimilation est rendue possible le titre acidimétrique ne tarde pas à baisser.

Si ces vues sont exactes, azote, cendres et organates doivent varier de compagnie, en sens inverse de la richesse saccharine. C'est bien ce que l'on constate; toutes les expériences ont donné les mêmes résultats, soit en bacs étanches, sur sable siliceux additionné des sels indispensables, soit en pleine terre, sur les terrains de l'Institut Belge pour l'amélioration de la Betterave. Les chiffres ci-contre se rapportent à un essai sur l'influence de la fumure nitrique (No^3Na du Chili). En regard des doses d'engrais, en kilogrammes de N par Ha, figurent les pourcentages, quant à la pulpe fraîche, des sucres, de l'azote, des cendres, des organates, ces derniers évalués d'après l'alcalinité des cendres en centimètres cubes de liqueur normale :

---

(1) Henri Colin et Maurice Simon, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2171.

Doses de N.	Sucre.	Azote organique.	Cendres.	Alcalinité en cm³ MOH normal soluble.	insoluble.	totale pour 1 de cendres.
0.....	18,8	0,16	0,54	4,2	2,8	13,1
75.....	18,6	0,18	0,74	5,9	3,0	12,7
175.....	16,3	0,24	0,82	6,5	2,8	13,8

Rien de tel ne se voit dans les feuilles, leur teneur en azote organique, en cendres, en organates, trois ou quatre fois plus élevée que dans la racine, augmente à peine avec la fumure azotée; ce qui varie, dans une large mesure, c'est l'importance du feuillage relativement à la souche, l'excès d'azote favorisant l'élaboration de la verdure.

Si l'on compare, d'après les chiffres du tableau précédent, les pourcentages d'azote et d'organates, dans la racine de Betterave, pour diverses doses d'engrais nitrique, les rapports ne diffèrent pas sensiblement, compte tenu des difficultés de l'échantillonnage dans ces sortes de recherches. Mais il n'en est pas ainsi dans tous les cas. D'une Betterave sucrière à une fourragère les cendres et leur alcalinité sont multipliées par 4 environ, l'azote par 2 à peine. Entre ces deux types extrêmes se placent tous les intermédiaires, les diverses sortes de Betteraves cultivées.

Autre chose est l'influence de la variété quant aux proportions relatives d'azote, de cendres et d'organates, autre chose celle de la fumure nitrique sur une même sorte de Betterave; la salification des acides organiques n'est pas liée uniquement à la dislocation des nitrates à l'intérieur de la plante. Dans les premières phases de la végétation toutes les Betteraves se ressemblent par leurs teneurs extrêmement élevées en azote et en organates; dès que la variété s'affirme dans la structure anatomique de la racine on voit le saccharose prendre plus d'importance dans les Betteraves sucrières, tandis que l'azote, les cendres et leur alcalinité varient en sens opposé.

ÉVOLUTION. — *Au sujet de la néoténie chez les Acariens.* Note de M. François Grandjean.

Le sens de l'expression *néoténie* vient d'être l'objet d'une étude intéressante par Mlle Germaine Cousin (1). L'auteur y propose de désigner ainsi

(1) *Bull. biol. France-Belgique*, **72**, 1938, p. 82-88.

non seulement les phénomènes proprement néoténiques, au sens originel de J. Kollmann, mais aussi ceux qui constituent la progénèse et la pædogénèse. D'autres auteurs vont beaucoup plus loin, puisque l'Homme est qualifié parfois de néoténique. Il ne me semble guère possible de donner une définition à la fois générale et précise de la néoténie. Si c'est l'existence, chez un adulte, de caractères immatures, tout dépend de ce que l'on appelle des caractères immatures (ou juvéniles, larvaires etc.). Comprise dans un sens très large, la néoténie rassemble des phénomènes qui diffèrent beaucoup entre eux et qui n'ont pas les mêmes causes.

Je n'ai pas d'ailleurs l'intention de discuter cela dans cette Note, mais seulement de dire comment la néoténie se présente chez les Acariens et comment elle s'y confond avec certains effets de l'évolution régressive.

Jusqu'ici on n'a rien observé de comparable, chez les Acariens, à la pædogénèse des Cécidomyes et des Chironomides.

Dans la néoténie proprement dite, du type Axolotl, il y a un organe néoténique qui aurait dû disparaître pendant le développement et qui a persisté jusqu'à l'adulte. Cette *néoténie positive* est exceptionnelle, car les organes provisoires, du moins pour ce qui concerne l'ontogénie postlarvaire, la seule en question, sont très peu nombreux.

Si l'on exige de l'organe provisoire qu'il ait une fonction spéciale aux états immatures, un seul cas paraît possible chez les Acariens : celui qui maintiendrait jusqu'à l'adulte la verrue larvaire ; mais celle-ci n'a jamais été vue que chez des prélarves ou des larves très éloignées de la maturité sexuelle ; elle n'est jamais néoténique.

Si l'on étend au contraire le sens du mot néoténie à des organes quelconques, on peut faire intervenir de petits organes, comme des poils. Certains poils larvaires et nymphaux non spécialisés, par exemple les compagnons des σ et des φ sur les génuaux et les tibias, sont régressifs dans l'ontogénie de plusieurs familles d'Acariens et les adultes ne les ont pas. Quand on les trouve sur d'autres adultes on n'est cependant pas tenté de les dire néoténiques, car cela signifie simplement, dans tous les cas que j'ai étudiés jusqu'ici, que ces poils n'ont pas subi la régression et qu'ils ont gardé, par conséquent, un caractère plus primitif.

Malgré cela je ne vois pas très bien où se place une limite précise entre ce cas et celui d'une néoténie incontestable, par exemple celle d'un Acarien (s'il existait) qui posséderait encore à la stase adulte une verrue larvaire. Celle-ci persistait peut-être, à l'origine, jusqu'à l'adulte, chez des Acariens depuis longtemps disparus. Entre la verrue et les poils régressifs dont je

viens de parler, la seule différence tout à fait certaine, mais seulement relative, est que l'immaturité de la verrue est générale chez les Acariens tandis que celle des poils est restreinte à certains phylums.

La *néoténie négative* consiste dans l'absence, à l'adulte, d'un organe qui aurait dû se faire pendant le développement. C'est un phénomène qui est très commun chez les Acariens.

L'exemple le plus parfait de cette sorte de néoténie est celui du genre *Phytoptipalpus*. La stase ultime du développement n'a que 6 pattes. Les Acarologues qui ont pris l'habitude, à tort, de désigner par larve une stase quelconque à 6 pattes, disent que la larve de *Phytoptipalpus* est capable de pondre. Il vaut certainement mieux dire, avec E. Reuter, que c'est un adulte. Le caractère néoténique est l'absence de la quatrième paire de pattes. Il n'y a pas d'organe néoténique.

Il faut comprendre que cet exemple, et tous les autres exemples de néoténie négative, sont des manifestations d'un phénomène régressif *plus général* qui ne s'exerce pas au hasard. J'ai déjà parlé de ce phénomène ([2]). Ici j'attire surtout l'attention sur la manière dont il frappe les pattes.

La première paire de pattes supprimée est la plus postérieure parce que c'est celle qui apparaît le plus tard dans l'ontogénèse. A ce stade *Phytoptipalpus* il y a néoténie car l'adulte ressemble beaucoup, non seulement à sa propre larve, mais aussi aux larves ordinaires d'Acariens, lesquelles sont presque toujours hexapodes. Si la régression va plus loin et supprime deux paires de pattes, ce sont alors la quatrième et la troisième. C'est le stade *Tetrapodili*. Peut-on dire encore qu'il y ait néoténie ? Je ne le crois pas car on ne connaît aucune espèce d'Acarien qui acquière sa troisième paire de pattes pendant le développement postlarvaire.

Un cas plus extrême est celui de *Podapolipus* chez qui la femelle n'a plus qu'une seule paire de pattes, la première, mais il ne s'agit probablement pas de la même sorte de régression que dans les exemples précédents. La femelle bipode succède à une stase hexapode; il ne peut donc être question de néoténie. Le mâle est hexapode.

Il est remarquable que la régression supprime les pattes dans un ordre déterminé, de l'arrière vers l'avant, mais cette règle devient beaucoup plus intéressante quand on observe qu'elle convient aussi aux petits organes portés par les pattes. Sauf sur les trochanters, ceux-ci sont en effet d'autant moins nombreux qu'ils appartiennent à une patte plus postérieure (ou

---

([2]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1853.

moins antérieure). Voici, par exemple, le tableau des nombres de poils et de solénidions chez *Trhypochthonius tectorum*, pour les articles des pattes I, II, III et IV, aux cinq stases actives. Le premier chiffre est celui des poils. Le deuxième, séparé du précédent par une virgule, est celui des solénidions (quand l'article en porte). Les cinq stases sont l'adulte (Ad), les trois nymphes (n 1, n 2, n 3) et la larve (Lr).

	Fémurs.				Génuaux.				Tibias.				Tarses.			
Ad......	6	6	4	2	5,1	5,1	3,1	3	5,2	5,1	4,1	4,1	17,3	13,2	12	12
n 3......	6	6	3	2	5,1	3,1	3,1	3	5,2	4,1	3,1	3,1	14,3	11,2	10	10
n 2......	6	3	2	2	3,1	3,1	2,1	1	4,1	3,1	2,1	2,1	14,2	11,2	10	10
n 1......	3	2	2	0	3,1	3,1	2,1	0	4,1	3,1	2,1	0,0	14,2	11,1	10	7
Lr......	2	2	2		3,1	3,1	2,1		4,1	3,1	2,1		14,1	11,1	10	
Pattes...	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV

On voit par ce tableau que les chiffres décroissent, de I à IV, sur chaque ligne horizontale, pour un article quelconque, toutes les fois qu'ils changent et que la règle s'applique aussi bien aux larves, aux trois sortes de nymphes et aux adultes. La régression a donc agi plus fortement sur la quatrième paire de pattes que sur la troisième, davantage sur la troisième que sur la deuxième, etc. A l'origine, les pattes devaient être toutes semblables et porter les mêmes poils et petits organes.

Le tableau montre aussi que les chiffres décroissent, de l'adulte à la larve, sur chaque ligne verticale, pour un article quelconque, toutes les fois qu'ils changent. Cela veut dire qu'un poil ou un solénidion, s'il apparaît à une stase, se maintient toujours aux suivantes.

Le tableau montre donc encore que la régression, en accentuant ses effets numériques de I à IV, rend le développement de plus en plus tardif et incomplet, sur un article quelconque, dans le même ordre.

Pour un assez grand nombre d'Acariens j'ai dressé des tableaux analogues à celui que je donne ici pour *T. tectorum*. On reconnaît toujours les mêmes règles de décroissance, à condition qu'il n'y ait pas néotrichie ni régression ontogénique de certains poils. Par régression ontogénique j'entends l'apparition d'un poil à une stase du développement (ou son existence dès la larve) et sa suppression brusque ou progressive à une stase ultérieure.

Les fissures lyriformes se comportent comme les poils. Chez les Oribates la fissure dorsoproximale des tarses existe toujours, sauf une exception qui frappe invariablement le quatrième tarse de la protonymphe. Chez les

Acaridiæ on a des cas plus divers où les tarses de l'adulte n'ont pas tous une fissure lyriforme. Alors c'est le tarse I seul, ou les tarses I et II seuls, qui ont cette fissure.

Ainsi la suppression des petits organes portés par les pattes et la suppression des pattes elles-mêmes paraissent obéir à une même règle. Dans les deux cas on peut dire qu'il y a néoténie (négative) quand la régression en est encore à sa première étape, celle qui supprime les petits organes habituellement postlarvaires, ou la quatrième paire de pattes, qui est également un organe postlarvaire. Si la régression va plus loin et s'attaque à des organes habituellement larvaires la néoténie est dépassée.

On rattache souvent la néoténie à la réduction du nombre des mues, c'est-à-dire des stases. Chez les Acariens cette réduction ne veut pas dire qu'une partie du développement ait été supprimée, mais seulement que les étapes en sont moins nombreuses. Il ne semble exister aucun rapport général entre la plus ou moins grande ressemblance, ou dissemblance, qu'un adulte peut avoir avec sa larve et le nombre des stases que cet adulte a traversées à partir de l'œuf. Une seule mue peut changer beaucoup de caractères et plusieurs mues peuvent ne pas changer grand'chose. Ainsi *Retetydeus catenulatus*, qui est un Acarien fortement évolué, change très peu pendant son développement postlarvaire. Sa chætotaxie, en particulier, est presque constante. Il a conservé néanmoins les trois stases nymphales successives après la larve, comme les Acariens les plus primitifs.

Retetydeus, il est vrai, n'a perdu que de petits organes. Si des pattes sont supprimées, le développement ne comporte plus que des stases peu nombreuses. Je ne crois cependant pas que les deux phénomènes soient liés directement, mais plutôt qu'ils résultent l'un et l'autre de la très forte évolution régressive.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une nouvelle extension de la théorie des équations du type elliptique*. Note de M. **Georges Giraud**.

Certains problèmes relatifs à des équations du type elliptique peuvent être traités dans des conditions un peu plus générales qu'il n'a été précédemment indiqué. La généralisation porte sur la nature des discontinuités qui peuvent affecter certaines fonctions données; elle ne rend nécessaire aucun changement dans la façon de poser les problèmes.

Soit $\mathcal{F} u = f$ l'équation du type elliptique, avec

$$\mathcal{F} u = \sum_{\alpha,\beta} a_{\alpha,\beta} \frac{\partial^2 u}{\partial x_\alpha \partial x_\beta} + \sum_\alpha b_\alpha \frac{\partial u}{\partial x_\alpha} + cu \qquad (\alpha, \beta = 1, \ldots, m;\ m \geqq 2),$$

cette opération $\mathcal{F}$ pouvant aussi être prise en un sens généralisé identique à celui qui a été défini ([1]). Nous ne modifions ni les hypothèses sur la nature de la frontière $\mathcal{S}$ du domaine $\mathcal{D}$ borné où sont définies toutes les fonctions $a_{\alpha,\beta}$, b_α, c et f, ni les hypothèses sur la nature des variétés $\mathcal{M}_n$ à $m - n$ dimensions, qui doivent contenir tous les points de discontinuité des fonctions b_α, c et f ([2]); les fonctions données sur $\mathcal{S}$, dont il sera question plus loin, seront continues en tout point de $\mathcal{S} - \sum_{n \geqq 2} \mathcal{M}_n$. Les $a_{\alpha,\beta}$ remplissent des conditions de Dini, au sens attribué précédemment à cette expression ([2]). Si l'on désigne : par $r_n(X)$ la plus courte distance entre le point X et la variété $\mathcal{M}_n$; par $\omega(t)$ une fonction croissante telle que $\omega(t)/t$ soit sommable dans tout intervalle $(t \geqq 0)$; par $h(t)$ une fonction croissante, infiniment petite avec t; par $2R$ la longueur de la plus grande corde de $\mathcal{S}$, et enfin par Q une constante positive, on suppose qu'on a

$$|b_\alpha| < Q\left[\frac{h(r_1)}{r_1}\log^{-2}\frac{4R}{r_1} + \sum_{n \geqq 2}\frac{\omega(r_n)}{r_n}\right],$$

$$|c| < Q\left[\frac{\omega(r_1)}{r_1} + \frac{h(r_2)}{r_2^2}\log^{-2}\frac{4R}{r_2} + \sum_{n \geqq 3}\frac{\omega(r_n)}{r_n^2}\right], \qquad |f| < Q\sum\frac{\omega(r_n)}{r_n^n}.$$

Les équations que doit satisfaire l'inconnue u ne concernent ni les points communs à $\mathcal{D}$ et aux $\mathcal{M}_n$, ni les points communs à $\mathcal{S}$ et aux $\mathcal{M}_n$ dont l'indice n est $\geqq 2$, ni certains points communs à $\mathcal{S}$ et à $\mathcal{M}_1$; il est suppléé à ces équations comme antérieurement ([3]).

Si le problème est du type de Dirichlet, c'est-à-dire si l'équation relative à la frontière est $u = \varphi_1$, la fonction donnée φ_1 est telle que son quotient par $\log\,(4R/r_2) + \sum_{n \geqq 3} r_n^{2-n}$ tend vers zéro quand ce dénominateur augmente indéfiniment.

Dans l'autre sorte de problèmes que nous considérons, l'équation relative

---

([1]) *Bull. Sciences Math.*, 56, 1932, p. 248 à 272, 281 à 312, 316 à 352 et 384; spécialement Chap. I.

([2]) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 925 à 928.

([3]) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1157 à 1160.

à la frontière est $\Theta u = \varphi_2$, avec

$$\Theta u = \sum_{\alpha,\beta} a_{\alpha,\beta} \varpi_\beta \frac{\partial u}{\partial x_\alpha} + \chi u,$$

cette opération pouvant aussi être prise dans le sens généralisé connu (4) ($a_{\beta,\alpha}$ n'est pas nécessairement identique à $a_{\alpha,\beta}$, et les ϖ_α sont les cosinus directeurs de la normale, prise dans le sens sortant de $\mathcal{D}$). Nous supposons alors qu'on a

$$|\chi| < Q\left[\frac{h(r_2)}{r_2}\log^{-2}\frac{4R}{r_2} + \sum_{n\geqq 3}\frac{\omega(r_n)}{r_n}\right], \qquad |\varphi_2| < Q\sum_n \frac{\omega(r_n)}{r_n^{n-1}}.$$

La méthode suivie pour cette généralisation est exactement celle qui a servi antérieurement, et qui comporte d'abord la formation de la fonction de Green relative à un problème dont toutes les données sont continues. Pour les problèmes du type de Dirichlet, il est utile de revenir sur la formation de cette fonction de Green : H_1 étant la fonction dont il a été parlé (5), nous posons $K_1 = \mathcal{F} H_1 - g^2 H_1$, puis, en supposant g assez grand et en désignant par $K_1^{(n)}$ les noyaux itérés,

$$H(X, \Xi) = H_1(X, \Xi) + \sum_n \int_{\mathcal{D}}^{(m)} H_1(X, A) K_1^{(n)}(A, \Xi)\, dV_A;$$

cette fonction H est celle qui doit être ensuite employée comme il a été dit.

Ces nouveaux résultats entraînent des conséquences pour l'allure des dérivées. Notons d'abord que le changement de variables employé pour étudier cette allure (6) ne réussit que moyennant certaines restrictions sur la nature de la frontière $\mathcal{S}$, et qu'il aurait fallu poser

$$x_m = \text{moy}[F(X), y_m; \lambda, q] + y_m,$$

en employant la première espèce de moyennes introduite dans ces questions (5); la seconde espèce de moyennes (6) sert à définir les autres variables $y_\alpha (\alpha < m)$. Le résultat ainsi obtenu est le suivant :

Choisissons les fonctions ω *et* h (voir ci-dessus) *de façon qu'il existe deux nombres positifs* μ *et* ν *tels que* $\omega(t)\log^{\nu}(4R/t)$ *soit croissant et que* $\omega(t)\log^{1+\mu}(4R/t)$ *et* $h(t)\log^{\mu}(4R/t)$ *soient décroissants. On suppose que les*

(4) *Annali della R. Scuola Norm. Sup. di Pisa*, 2e série, 7, 1938, p. 25 à 71; spécialement Chap. II, § 3.

(5) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1233-1235.

(6) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 956-958.

dérivées des fonctions $x_m = \mathrm{F}(x_1, \ldots, x_{m-1})$ *et analogues, qui servent à définir* $\mathcal{S}$, *remplissent des conditions de Dini avec la fonction limitante* $h(t)\log^{-2}(4\mathrm{R}/t)$; *les dérivées de* φ_1 *existent par hypothèse et remplissent des conditions de Dini avec la même fonction limitante. Les* $a_{\alpha,\beta}$ *remplissent des conditions de Dini avec la fonction limitante* ω. *Enfin on suppose que* $\mathfrak{M}_n$ *n'existe que pour* $n = 1$ *et que les valeurs absolues de c et de f sont* $< \mathrm{Q}h(r_1)\log^{-2}(4\mathrm{R}/r_1)r_1^{-1}$. *Alors la différence des valeurs prises par* $\partial u/\partial x_\alpha$ *en deux points variables dont la distance mutuelle est* L *est moindre que le produit d'une constante par la plus grande des fonctions* $h(\mathrm{L})$ *et* $\omega(\mathrm{L})\log(4\mathrm{R}/\mathrm{L})$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème biharmonique.*
Note de M. **Jules Haag.**

1. Au cours d'une étude sur les fils élastiques, j'ai eu l'occasion de m'occuper du *problème biharmonique*. Quoique ce problème ait été déjà résolu par divers auteurs, je crois utile d'indiquer la solution ci-après, qui constitue une application intéressante de la théorie des *équations à intégrales principales*, dont les beaux travaux de M. Georges Giraud ont montré toute la fécondité.

2. Soit un contour Γ, dont les coordonnées du point courant admettent, par rapport à un certain paramètre, des dérivées remplissant une condition de Hölder et ne s'annulant pas simultanément. Il s'agit de *trouver une fonction biharmonique* φ, *connaissant ses valeurs et celles de sa dérivée normale intérieure le long de* Γ.

Choisissons arbitrairement un point intérieur O. On peut écrire

$$\varphi = \mathrm{U} + r^2\mathrm{V},$$

U et V désignant deux fonctions harmoniques et r la distance de O au point courant de l'aire limitée par Γ. Faisons maintenant une transformation conforme représentant ladite aire sur le cercle C de rayon *un*. Les fonctions U et V deviennent des fonctions harmoniques dans C et r^2 devient une fonction $\mathrm{L}(x, y)$, qui est analytique et régulière à l'intérieur de C et qui admet des dérivées premières finies, höldériennes et non simultanément nulles en tout point de C, si Γ *ne possède aucun point anguleux* (¹).

(¹) Cette restriction m'a été signalée par M. Georges Giraud, qui a bien voulu m'indiquer aussi que l'équation (4) ci-après rentrait dans le cadre de sa théorie des équations à intégrales principales.

J'appellerai $\lambda(\theta)$ et $\mu(\theta)$ les valeurs de cette fonction et de sa dérivée normale au point de C dont le rayon a pour angle polaire θ. La fonction $\lambda(\theta)$ admet une dérivée höldérienne; la fonction $\mu(\theta)$ est finie, non nulle et höldérienne.

3. En changeant la fonction U, nous pouvons supposer que φ s'annule sur Γ. Dès lors, si $u(\theta)$ et $v(\theta)$ sont les valeurs des fonctions U et V sur C et si $u_n(\theta)$ et $v_n(\theta)$ sont les valeurs de leurs dérivées normales, on a les deux conditions

$$u(\theta)+\lambda(\theta)v(\theta)=0, \tag{1}$$
$$u_n(\theta)+\lambda(\theta)v_n(\theta)+\mu(\theta)v(\theta)=f(\theta), \tag{2}$$

$f(\theta)$ désignant une fonction connue, que nous supposons finie et höldérienne [2]. Or, en partant de la formule de Poisson, on peut démontrer que

$$u_n(\theta)=\frac{1}{4\pi}\int_{\theta-\pi}^{\theta+\pi}\frac{u(t)-u(\theta)}{\sin^2\frac{t-\theta}{2}}dt, \tag{3}$$

l'intégrale étant *principale* [3]. En portant dans (3), il vient

$$v(\theta)=\frac{1}{4\pi}\int_{\theta-\pi}^{\theta+\pi}\frac{\lambda(t)-\lambda(\theta)}{\mu(\theta)\sin^2\frac{t-\theta}{2}}v(t)\,dt+\frac{f(\theta)}{\mu(\theta)}. \tag{4}$$

Si le contour Γ *est convexe*, cette *équation à intégrale principale* est un cas particulier de celles qu'a étudiées M. Georges Giraud [4]. Par itération, elle se ramène à une équation de Fredholm.

---

(2) Cette condition est remplie sur C, si elle l'est sur Γ, grâce à l'absence de points anguleux.

(3) On peut aussi démontrer que la dérivée de U suivant la direction intérieure qui fait l'angle φ avec la tangente positive à C est donnée par

$$u'(\theta)\cos\varphi+\frac{\sin\varphi}{2\pi}\int_{\theta-\pi}^{\theta+\pi}u'(t)\cot\frac{t-\theta}{2}dt,$$

et cette formule permet de résoudre certains problèmes mixtes de conditions aux limites.

(4) *Ann. sc. Éc. Norm. sup.*, 51, 1934. Voir, en particulier, p. 322.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Interprétation des mouvements fluides théoriques par dessins animés.* Note (¹) de M. **Dimitri Riabouchinsky.**

Les mouvements fluides théoriques non permanents étant en général très compliqués et leur interprétation difficile, le recours au procédé des dessins animés m'avait semblé tout indiqué (²), et je viens de faire un essai de mise au point de cette méthode.

On peut utiliser dans ce but soit les variables d'Euler, soit celles de Lagrange, soit aussi des systèmes de lignes de courant ou des réseaux formés par des lignes de courant et des lignes équipotentielles (³). La distance entre deux quelconques de ces lignes de courant est déterminée par la condition de constance du flux.

Quelques coupures du premier film réalisé sont reproduites ci-contre :

Premier exemple (*fig.* 1). — Lignes de courant dans un mouvement plan non permanent d'un fluide incompressible, de vitesse uniforme à l'infini, autour d'un cylindre de révolution dont le diamètre varie périodiquement.

Deuxième exemple (*fig.* 2). — Modification du réseau formé par des lignes de courant et des lignes équipotentielles dans un mouvement supersonique d'un fluide compressible au-dessus d'une surface ondulée, lorsque le rapport a de la vitesse q du courant à la célérité c du son augmente progressivement. Toute augmentation du rapport a détermine le morcellement du milieu continu compressible en un nombre plus grand de quanta (⁴).

Troisième exemple (*fig.* 3). — Mouvement de particules fluides, décrivant des trajectoires elliptiques, dans un groupe d'ondes se propageant avec une vitesse supersonique $-q$ dans un fluide compressible. Ces courbes ont été obtenues en intégrant un système d'équations que j'avais obtenu précédemment (⁵) et en donnant au rapport $a = q/c$, où c est la célérité du son, la valeur $\sqrt{2}$.

(¹) Séance du 12 décembre 1938.

(²) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 216. La méthode des dessins animés peut être aussi appliquée utilement à l'interprétation visuelle de transformations mathématiques, par exemple à la transformation conforme.

(³) La méthode des variables (φ, ψ_1, ψ_2, t) trouve aussi une application intéressante dans l'étude directe et l'interprétation de la turbulence.

(⁴) *Recherches sur l'amélioration des qualités aérodynamiques des profils d'ailes aux grandes vitesses. Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, **108**, Paris, 1938, p. 40.

(⁵) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 698.

Quatrième exemple (*fig.* 4). — Lorsque le rapport $a = q/c$ augmente, les oscillations des particules du fluide compressible, non soumis à des forces extérieures, tendent à devenir orthogonales à la vitesse de groupe q. On s'en

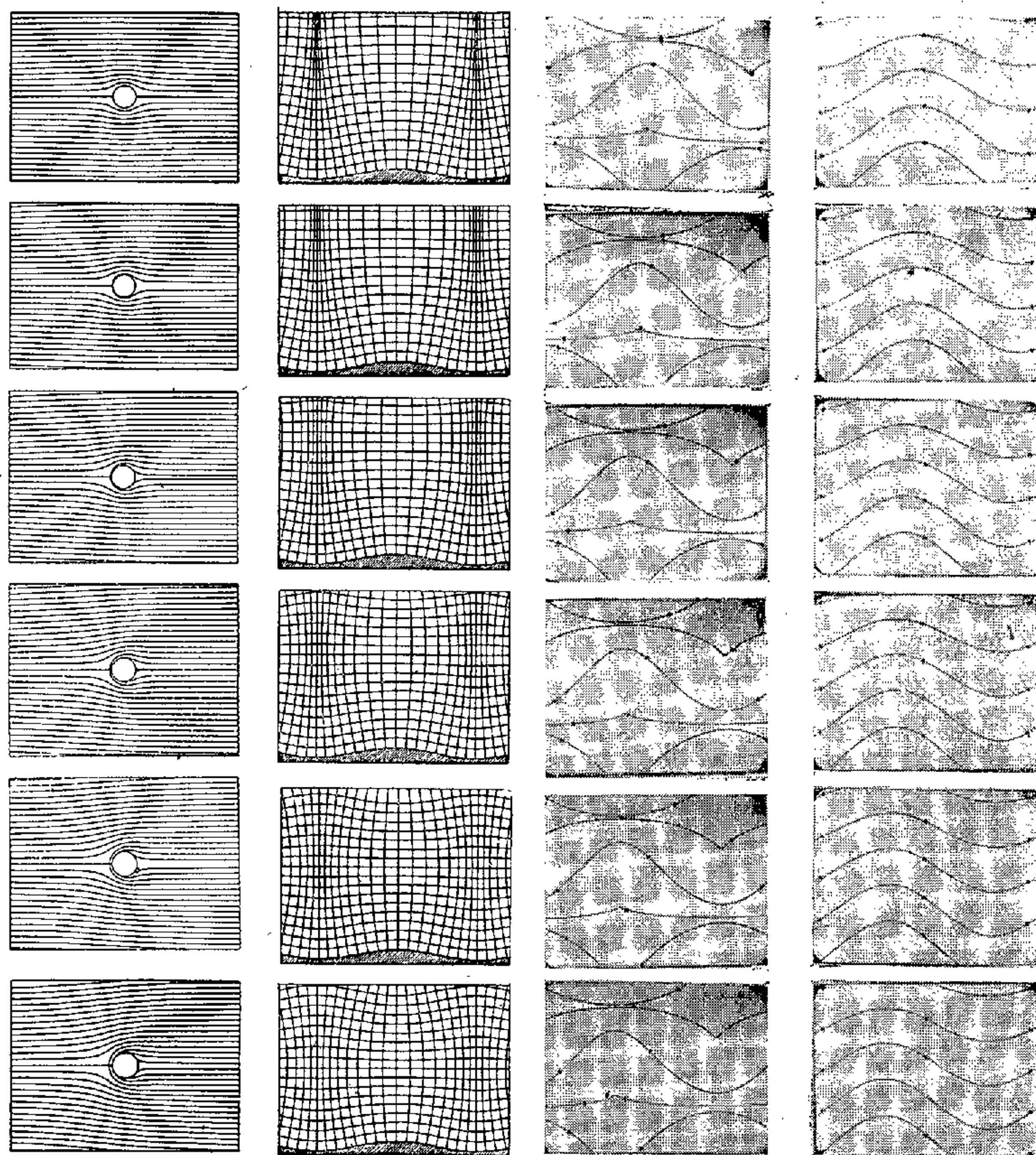


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

rend bien compte en considérant les tracés de la figure 4 calculés en donnant au rapport a la valeur 40. Ce sont des oscillations transversales, semblables à celles que Young et Fresnel ont été amenés à reconnaître, il y a 120 ans, dans la propagation de la lumière, mais qu'on ne parvenait à expliquer ([6]) qu'en assimilant l'éther à un solide élastique.

([6]) E. T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*. Dublin, 1910, p. 137.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Réactions micro-cristallines, très sensibles, du bismuth et de l'antimoine métalloïdiques.* Note de M. **Georges Denigès.**

Ces réactions sont fondées sur la facilité avec laquelle l'iode, en solution alcoolique, donne, avec Bi ou Sb libres, les triiodures correspondants, cristallisés, dont les variations, de nature et d'aspect, sous l'influence de vapeurs de NH^3 puis de ClH, sont très caractéristiques. On les réalisera comme suit :

Cas du bismuth. — Sur une lame de verre, on dépose quelques très fines parcelles de bismuth, telles qu'on peut les obtenir, par exemple, en raclant la surface de ce métalloïde avec une pointe de canif, puis on les immerge dans une assez forte goutte de teinture d'iode officinale ([1]), non iodurée, apportée à leur contact par une baguette de verre.

Toutefois, avant cette addition d'iode, il est nécessaire, pour obtenir la réussite parfaite de l'opération, d'abord de réunir les parcelles métalloïdiques au centre non de la lame mais d'un des tiers extrêmes de sa surface, de façon à éviter une extension excessive du réactif. En outre, pour limiter encore cette diffusion, on chauffera une bande, de la lame porte-objet, parallèle au petit côté le plus voisin de la prise d'essai et dont la distance, aux parcelles de Bi, sera sensiblement égale à celle de ces parcelles au petit côté.

Quant à l'échauffement lui-même, il sera réalisé à l'aide d'une petite flamme (telle que celle, suffisamment surbaissée, d'une lampe à essence).

La lame, tenue à la main, sera portée à 1 ou 2^{cm} au-dessus de la flamme et, par un mouvement rapide de va-et-vient, suivant la bande indiquée, on obtiendra bien vite la température convenable. Elle doit être telle que le dos de l'index passé de temps en temps sous le verre et à son contact, pendant l'opération, puisse juste la supporter.

C'est à ce moment qu'on apporte la teinture d'iode. On cherche à en maintenir la partie la plus liquide au centre de l'essai, par un léger mouvement d'oscillation. Dans ces conditions, elle fournit une surface de diffusion ne s'étendant pas au delà de la bande chauffée et qui se stabilise vite. Ce point atteint, on porte dans l'air chaud surmontant une petite flamme,

([1]) On peut se servir, sans inconvénient, surtout pour les très minimes quantités de Bi, d'une solution alcoolique d'iode plus étendue que celle du Codex.

la lame de verre toujours tenue à la main qui doit lui imprimer constamment un mouvement circulaire dans son plan.

L'alcool s'évapore d'abord en laissant un enduit rouge foncé qui devient grisâtre lorsque l'iode a complètement disparu. Ce résultat atteint, on pratique l'examen microscopique du résidu, à sec, à un grossissement de 130 à 200 D. en explorant surtout les régions les plus grises.

On aperçoit alors, de-ci de-là, un feutrage de cristaux aiguillés, presque noirs, parfois réunis en paquets. Ils sont mélangés de petits rhombes ou de sphérules de même teinte. En certains points, ces sphérules sont à peu près exclusives. Ces divers éléments sont formés, uniquement, de triiodure de bismuth. Parfois, se voient des cristaux écarlates d'oxyiodure de bismuth.

Un des caractères les plus remarquables des produits foncés est de prendre une couleur orangée lorsqu'on les porte au contact de vapeurs ammoniacales. En couvrant, par exemple, l'orifice d'un flacon d'ammoniaque, avec la préparation, on voit celle-ci devenir rouge orangé, puis jaune citron.

Si, avant d'obtenir cette dernière teinte, on fait un examen microscopique du produit, on constate que les aiguilles et autres éléments bruns sont devenus orangés ou grenats par formation du sel de Rammelsberg $I^3Bi, 3NH^3$.

En déposant, puis évaporant, comme précédemment, une nouvelle goutte de teinture d'iode sur la préparation, celle-ci présente alors un aspect microscopique différent selon que le bismuth avait été combiné en totalité ou seulement en partie, avec l'iode, lors de l'attaque initiale.

Dans ce dernier cas, on observe des néo-cristaux aiguillés, bruns, mais associés à de beaux rhombes ou hexaèdres, jaunes ou orangés, de $I^3Bi, 3NH^3$.

Dans le premier cas, seuls les cristaux de ce dernier type se montrent. Si, après l'action de NH^3 et le changement de teinte du produit, on expose la préparation à des vapeurs de ClH, I^3Bi est régénéré avec sa forme en aiguilles brunes. Celles-ci reprennent, de nouveau, la teinte orangée sous l'influence de NH^3 en reformant $I^3Bi, 3NH^3$. Cette réaction est donc réversible.

On réalise des phénomènes analogues avec les vapeurs des amines primaires, secondaires et tertiaires par formation de composés du type $I^3Bi, 3NX^3$.

Ici encore, de plus belles cristallisations sont obtenues si l'on recom-

mence l'attaque du résidu par une nouvelle goutte de teinture d'iode. La pyridine dissout les cristaux bruns de I^3Bi en se colorant en jaune. Évaporée, elle abandonne un résidu rouge qui, par l'action d'une nouvelle goutte de réactif iodé et évaporation, fournit des cristaux de même teinte.

Dans tous les cas passés en revue, ce double traitement à l'iode est utile.

Cas de l'antimoine. — Traité par la teinture d'iode dans des conditions identiques à celles qui viennent d'être indiquées pour le bismuth, l'antimoine laisse un résidu rougeâtre de I^3Sb qui, examiné à 130-200 D., montre des rhombes aigus jaunes ou orangés et, en outre, de petits hexaèdres de même teinte. Les cristaux sont plus beaux si l'on renouvelle le traitement par le réactif iodé, avec évaporation finale.

Mais ce qui caractérise ce résidu, en dehors de son aspect cristallin, c'est qu'exposé aux vapeurs ammoniacales il devient blanc, la combinaison ammoniacale de I^3Sb étant incolore alors que celle de I^3Bi est orangée. Si l'on soumet aux vapeurs de ClH la préparation ainsi décolorée, elle reprend sa teinte jaune rouge initiale par retour à I^3Sb.

Des faits analogues se constatent en remplaçant NH^3 par des amines.

La pyridine décolore aussi le triiodure d'antimoine en le dissolvant.

Nota. — Quelques modifications de détail permettent d'appliquer ces propriétés à l'identification du bismuth et de l'antimoine combinés, ainsi que nous le montrerons.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur deux nouveaux cas de Xénie chez le Pommier.* Note de M. LUCIEN DANIEL.

L'existence de la Xénie, c'est-à-dire de l'action exercée exceptionnellement par un embryon hybride sur le fruit et les téguments de la graine qui sont les organes purement maternels a été depuis longtemps constatée par les praticiens chez les melons. Ces fruits prennent le goût de la citrouille ou de la pastèque quand ils sont cultivés à côté de ces espèces. Ce fait a été scientifiquement contrôlé par Leclerc du Sablon.

Maximowicz, chez les Lis et Laxton, chez les Pois en ont obtenu des exemples frappants. Plus tard, en 1914, Jean Daniel a étudié la morphologie interne et externe des descendants très variés d'une Xénie du Haricot de Soissons gros fécondé par le Haricot noir de Belgique, qui rappelaient le retour à la variation désordonnée de Naudin que j'avais obtenu à la suite du greffage de ces deux races dites *pures*. En 1916, j'ai

décrit un singulier cas de Xénie chez le fruit et la graine d'un Noyer fécondé fortuitement par le Coudrier ([1]).

Chez les Pomacées, les Xénies du fruit sont également connues depuis longtemps. La première a été décrite par Darwin et concerne le pommier de Saint-Valéry, aujourd'hui disparu. Cet arbre était devenu stérile et dioïque par avortements des étamines; il ne donnait du fruit que s'il était fécondé par le pollen bien constitué d'une autre espèce. Dans ce cas, la pomme rappelait celle du mâle choisi, par la taille, la forme et la couleur.

En 1907, j'ai décrit et figuré un cas de Xénie chez le poirier Beurré d'Aremberg cultivé en candélabre, dont une branche portait à la fois des fruits de forme et de composition normales, des fruits simplement modifiés dans leur forme et d'autres dans la forme, la peau et dans la chair devenue pierreuse et moins sapide ([2]).

Depuis cette époque, des Xénies nouvelles ont été observées chez diverses variétés de Pommier. Les plus démonstratives sont celles de la Reine des reinettes qui, fécondée d'une part par le Calville blanc d'hiver, a fourni des fruits présentant l'épiderme et la forme côtelée du fruit de celui-ci; qui, d'autre part, croisée par la Reinette Ananas, a donné une pomme plus petite et de couleur or.

Cette année, j'ai pu contrôler et examiner des Xénies qui m'ont été aimablement communiquées par M. Philippe, pharmacien à Rennes, observateur consciencieux et botaniste averti. Dans son jardin existent deux pommiers contigus, âgés de vingt ans environ et greffés sur franc. L'un appartient à la variété Calville rouge d'hiver, l'autre à la variété locale Reinette de la Guerche. La première a un fruit entièrement rouge carmin uniforme, une chair fondante à sa maturité qui a lieu en novembre-décembre. La seconde a la peau blanc verdâtre, une chair blanchâtre et dure à sa maturité qui est plus tardive que chez la première.

Sur une branche vigoureuse de la Reinette de la Guerche sont apparues quatre pommes sensiblement intermédiaires comme caractères entre les deux variétés. Leur couleur était rouge un peu plus pâle que chez le fruit de Calville rouge sur la moitié environ de leur surface; le reste était d'un jaune assez vif lavé de verdâtre. Leur chair légèrement fondante était plus ferme que celle de la Reinette, de goût différent, et leur maturité était

---

([1]) Lucien Daniel, *Revue générale de Botanique*, 28, 1916, p. 11.
([2]) Lucien Daniel, *Revue bretonne de Botanique*, 2, 1907, p. 109.

intermédiaire entre celles des variétés parentes. Une de ces pommes avait un pépin; les trois autres n'en avaient pas.

La deuxième Xénie a été fournie par le Calville blanc qui a donné quelques fruits gros, allongés en forme de tonnelet, à côtes à peine saillantes au sommet, à œil petit et clos. La peau, d'un jaune plus vif, était lavée de rougeâtre accentué à la base; la chair était blanche, moins parfumée, moins juteuse et plus croquante que chez le type normal.

Dans ces Xénies, les modifications rappellent ce qui se passe pour les greffages : pratiquement, elles constituent, soit des améliorations, soit des détériorations et, à ce titre, le choix des variétés s'impose. Il pourrait se faire que, comme chez le Haricot, elles aient une influence sur la postérité des graines, quand il y en a, ce qui permettrait sans doute d'obtenir des variétés nouvelles intéressantes.

Enfin il existe, très rarement, à ma connaissance, des Xénies sectoriales qui s'effectuent non sur les cinq carpelles de la pomme mais sur un, de telle sorte qu'un cinquième du fruit est du type paternel et le reste du type maternel. J'en ai vu un exemple très net qui me fut soumis sans que j'ai pu connaître sûrement les deux variétés en cause. Il s'agissait évidemment de la fécondation croisée pour le carpelle du type paternel et de l'autofécondation ou du croisement de pieds du type maternel pour les quatre autres carpelles. Ce fait rappelle ceux que j'ai figurés chez les fruits des *Cratægomespilus Bonnieri* et *C. Asnieresi* ainsi que chez les fruits des hybrides de greffe de *Solanum* observés par Jorgessen et Crane.

Aujourd'hui l'attention des praticiens et des biologistes est enfin attirée sur ces faits de Xénie que certains théoriciens ont si longtemps considérés comme des illusions. Ils offrent un nouveau terrain de recherches plein de promesses, à peine exploré encore, à l'activité des jeunes travailleurs doués de l'esprit de continuité et que n'effraieront ni les difficultés de la reproduction des faits exceptionnels, ni les expériences de longue haleine.

M. Émile Borel s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie de mon Ouvrage intitulé *Valeur pratique et philosophie des Probabilités*, qui est le dernier fascicule (Tome IV, fasc. III) du *Traité du Calcul des Probabilités et de ses applications*.

J'avais précédemment indiqué que la publication de ce *Traité*, grâce au concours de mes collaborateurs, serait entièrement terminée au cours de

l'année 1938; diverses circonstances, notamment les événements du mois de septembre, ont amené un léger retard dans la correction des épreuves et l'impression des deux fascicules dont l'un paraît aujourd'hui; c'est seulement dans quelques semaines que je pourrai faire hommage de la *Mécanique statistique quantique*, due à M. Francis Perrin.

Ce *Traité*, maintenant achevé au bout d'une quinzaine d'années, se compose de 4 Tomes, divisés en 19 fascicules; je crois pouvoir dire que c'est l'exposé le plus complet consacré à la théorie des probabilités et à ses diverses applications. Nous avons pensé qu'il y avait un grand intérêt scientifique à présenter ainsi un Traité d'ensemble d'une science dont les applications aux autres sciences deviennent chaque jour plus nombreuses, car ces diverses applications peuvent s'éclairer les unes les autres et contribuer également au progrès de la théorie.

Dans le fascicule, que je présente aujourd'hui et qui termine le *Traité*, j'ai cherché à mettre en évidence l'importance des probabilités dans la théorie générale de la connaissance, importance qui n'est pas moindre que celle de leurs multiples applications pratiques. On trouvera à la fin du volume la Table générale des matières du *Traité*. On pourra ainsi se rendre compte de l'importance du concours que m'ont donné les divers collaborateurs auxquels sont dus 14 des 19 fascicules, ainsi que ceux de mes élèves qui m'ont aidé dans la rédaction de mes cours. En les remerciant tous, je tiens à rendre hommage à la mémoire du regretté savant astronome suédois C. V. L. Charlier, qui avait bien voulu écrire le fascicule consacré aux *Applications à l'Astronomie* (Tome II, fasc. IV).

M. Maurice Javillier fait hommage à l'Académie, au nom de M. Michel Polonovski et d'un ensemble de collaborateurs, d'un Ouvrage intitulé *Exposés annuels de Biochimie médicale*. Cet ouvrage renferme quatorze Conférences, faites au Laboratoire de Chimie de la Faculté de Médecine par M. Polonovski et plusieurs de ses Collègues biochimistes (MM. E. Aubel, E. J. Bigwood, P. Boulanger, P. Fleury, Ch.-O. Guillaumin, M. Javillier, M. Machebœuf, Ch. Sannié, R. Wolff, R. Wurmser) sur des sujets d'actualité : constitution des diastases, vitamines A et B, mécanismes d'oxydation biochimique, cancer chimique, cénapses lipido-protéidiques, ammoniémie, chromatographie etc. Ces Conférences seront poursuivies chaque année et publiées sous la même forme.

M. **Dimitri Riabouchinsky** fait hommage à l'Académie de l'Opuscule qu'il vient de publier sous le titre *Galileo's Antinomy and the Class of Numbers defined by their Value and Origin.*

M. **Israël Holmgren** fait hommage à l'Académie de l'ensemble de ses publications.

NOMINATIONS.

M. **Edmond Sergent** est désigné pour représenter l'Académie aux *Cérémonies commémoratives* en l'honneur de M. Pierre Viala qui auront lieu le 26 mars 1939 à l'Institut agricole d'Algérie et à Alger.

M. **Léon Guillet** est désigné pour faire partie du jury chargé de décerner le prix *Jean Barès* décerné par le *Centre National de la Recherche Scientifique appliquée* au Ministère de l'Éducation nationale, en remplacement de M. *L. Lumière*, démissionnaire.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de deux candidats à une place de Membre titulaire vacante au Bureau des Longitudes, pour la première ligne, M. *Jean Tilho* obtient 37 suffrages contre 1 à M. *D. Cot.*

Pour la seconde ligne, M. *Donatien Cot* obtient 29 suffrages. Il y a 2 bulletins blancs.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne............... M. **Jean Tilho.**
En seconde ligne............... M. **Donatien Cot.**

CORRESPONDANCE.

Mmes Paul Dubreil-Jacotin, Louise Nouvel, Arthur Randoin;
Mlle Marie-Thérèse Gertrude;
MM. Henri Abraham, Manuel Ansel, Marius Aubert, Marius Badoche, Jacques Bailly, Paul Baize, Alfred Balachowsky, Alfred Bensaude, Charles Berthelot, Louis Bounoure, Raoul Bricard, Henri Bunle, l'Abbé Alfred Carpentier, Henri Chermezon, Henri Chrétien, André Couder, Louis Couffignal, Jean Coulomb, Robert Courrier, Gaston Courtois, Antoine de Cugnac, André Danjon, Paul Delens, Léon Delhoume, Arnaud Denjoy, Jean Dieudonné, André Donatien, Eugène Dubois, Vital Ducomet, Roger Duffau, Maurice Duportet, Hervé Fabre, Jean Favard, Jean Feldmann, Marcel Florkin, Étienne Foëx, Pierre Girard, Louis Grelot, Gaston Grenet, Moïse Haissinsky, Victor Hégly, Roger Heim, Horia Hulubei, Grégoire Ichok, Pierre Jolibois, Justin Jolly, Pierre Lacroute, André Lallemand, Pierre Lambert, Jean Lavollay, Félix Lestoquard, Marcel Liégeois, Bertil Lindblad, Aimé Luquet, Bernard Lyot, Szolem Mandelbrojt, André Mayer, Marcel Mennesson, Théodore Monod, Lucien et Jean Morellet, Albert Nandillon, Héloïs Ollivier, André Pages, Joseph Pérès, Jean Piveteau, Guy Poumeau-Delille, Raymond Quelet, Paul Remlinger, André Romer, Henri Schoeller, Max Serruys, l'Abbé Augustin Sesmat, Gaston Seurat, Jacques Soubrier, Émile Thellier, Jean Torlais, Henri Vigreux, Pierre Vintemberger, André Wahl, Georges Weller adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

Mlle Germaine Cousin;
MM. François Bedeau, Louis Blaringhem, Paul Chabanaud, Daniel Chalonge, Daniel Barbier et Albert Arnulf, Lucien Daniel, Georges Deflandre, Frédéric Diénert, René Dubrisay, Louis Dunoyer, Pierre Fleury, René Freymann, Henry Hubert, Antoine Lasserre, Michel Machebœuf, Frédéric Marty, Maurice Pierre, Frédéric Roger, Pierre Teilhard de Chardin, Voldemar Vilter adressent des remer-

cîments pour les subventions qui leur ont été attribuées pour leurs recherches.

Mme Charles Gravier et Mlle Marguerite Flahault adressent également des remercîments.

Le **Sixième Congrès scientifique du Pacifique** invite l'Académie à se faire représenter à la réunion qu'il tiendra, en juillet ou août 1939, à San Francisco, Californie.

La **Commission nationale des Industries agricoles** invite l'Académie à se faire représenter au *VIe Congrès international, technique et chimique des industries agricoles*, qui doit se réunir à Budapest du 10 au 20 juillet 1939.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur les sommes de puissances entières.* Note [1] de M. **H. Davenport**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit k un nombre entier, $k \geqq 3$. Le problème de Waring a pour objet de déterminer le nombre de puissances $k^{\text{ièmes}}$ positives entières qui suffit à représenter tout nombre suffisamment grand. Dans presque toutes les recherches qui ont été faites d'après la méthode analytique de Hardy et Littlewood, on s'est servi d'une construction élémentaire [2] (due aux mêmes auteurs) pour obtenir des nombres différents qui sont sommes de s puissances $k^{\text{ièmes}}$.

J'ai découvert récemment une construction qui donne des résultats plus précis. Prenons pour exemple le cas de trois puissances quatrièmes. Je vais démontrer que *le nombre de solutions entières de l'équation*

$$(1) \qquad x_1^4 + y_1^4 + z_1^4 = x_2^4 + y_2^4 + z_2^4,$$

avec

$$(2) \qquad P < x_1,\ x_2 < 2P, \qquad 0 < y_1,\ z_1,\ y_2,\ z_2 < P^{\frac{5}{6}},$$

est au plus $P^{1+\frac{5}{6}+\frac{5}{6}+\varepsilon}$, *pour chaque* $\varepsilon > 0$, *si* P *est suffisamment grand.* Cela

---

(1) Séance du 12 décembre 1938.

(2) Voir par exemple Landau, *Vorlesungen über Zahlentheorie*, Satz 348.

implique qu'il y a plus de $N^{\frac{2}{3}-\varepsilon}$ nombres $< N$ qui sont les sommes de trois puissances quatrièmes.

En premier lieu, le nombre de solutions de (1), (2) avec $x_1 = x_2$, est au plus $P^{1+\frac{5}{6}+\frac{5}{6}+\varepsilon}$, car on sait qu'il n'y a que P^ε valeurs de y_1, z_1 pour lesquelles $y_1^4 + z_1^4$ a une valeur donnée. Supposons $x_1 > x_2$, et posons $x_2 = x$, $x_1 = x + t$. L'équation (1) devient

$$4tx^3 + 6t^2x^2 + 4t^3x + t^4 + y_1^4 + z_1^4 = y_2^4 + z_2^4. \tag{3}$$

Il est évident que $4tP^3 < 2P^{\frac{10}{3}}$. Or

$$0 < t < P^{\frac{1}{3}}. \tag{4}$$

Désignons par $r(t, m)$ le nombre de représentations d'un nombre entier m par le premier membre de (3), et par $r(m)$ le nombre de représentations de m par le second membre. Le nombre de solutions de (3) est

$$\sum_t \sum_m r(t, m)\, r(m) \leq \Big\{ \sum_t \sum_m r^2(t, m) \Big\}^{\frac{1}{2}} \Big\{ \sum_t \sum_m r^2(m) \Big\}^{\frac{1}{2}} \leq S^{\frac{1}{2}} \Big\{ P^{\frac{1}{3}+\frac{5}{6}+\frac{5}{6}+\varepsilon} \Big\}^{\frac{1}{2}},$$

en désignant par S le nombre de solutions de

$$4tx_1^3 + 6t^2x_1^2 + 4t^3x_1 + y_1^4 + z_1^4 = 4tx_2^3 + 6t^2x_2^2 + 4t^3x_2 + y_2^4 + z_2^4 \tag{5}$$

dans toutes les variables, sous les conditions (2), (4). Or, le nombre de solutions de (5) avec $x_1 = x_2$ est au plus $P^{\frac{1}{3}+1+\frac{5}{6}+\frac{5}{6}+\varepsilon}$. Étant donnés y_1, z_1, y_2, z_2 avec $y_2^4 + z_2^4 - y_1^4 - z_1^4 \neq 0$, (5) ne permet qu'un nombre de valeurs inférieur à P^ε pour t, $x_1 - x_2$ (et par conséquent pour x_1, x_2) comme diviseurs de $y_2^4 + z_2^4 - y_1^4 - z_1^4$. Alors, on a

$$S \leq P^{3+\varepsilon} + P^{4\frac{5}{6}+2\varepsilon} \leq P^{\frac{10}{3}+3\varepsilon},$$

et il en résulte que le nombre de solutions de (1), (2) est au plus $P^{\frac{5}{3}+1+3\varepsilon}$.

C. Q. F. D.

On peut appliquer à l'équation (5) un raisonnement analogue à celui que nous avons appliqué à (1). Cette répétition est avantageuse s'il s'agit de plus de trois puissances quatrièmes, ou de puissances $k^{\text{ièmes}}$, $k > 4$.

D'après la méthode indiquée ci-dessus, j'ai démontré que [3] :

---

[3] J'apprends de M. Erdös qu'il a aussi démontré quelques résultats de ce type; en particulier a-t-il obtenu 2°, avec $\frac{83}{110}$ au lieu de $\frac{19}{24}$.

1° Il existe plus de $N^{\frac{13}{15}-\varepsilon}$ nombres $< N$ qui sont sommes de 3 cubes positifs;

2° Il existe plus de $N^{\frac{19}{24}-\varepsilon}$ nombres $< N$ qui sont sommes de 4 puissances quatrièmes;

3° Il existe plus de $N^{\frac{7}{8}+\frac{1}{728}+\varepsilon}$ nombres $< N$ qui sont sommes de 5 puissances quatrièmes.

A l'aide de ces résultats, et de la méthode analytique de Hardy et Littlewood, j'ai démontré que :

1° Presque tous les nombres sont sommes de 4 cubes positifs;

2° Chaque nombre suffisamment grand est la somme de 14 puissances quatrièmes, à moins qu'il ne soit équivalent à 15 ou 16 par rapport au diviseur 16.

Le dernier résultat montre que chaque nombre suffisamment grand est la somme de 16 puissances quatrièmes. On sait qu'il existe une infinité de nombres qui ne sont pas sommes de 15 puissances quatrièmes.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les propriétés de quelques lois indéfiniment divisibles.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Émile Borel.

1. D'après la définition même de la fonction eulérienne $\Gamma(t)$, la fonction

$$(1)\qquad f(x)=\frac{e^{-x}x^{t-1}}{\Gamma(t)}\quad (x>0),\qquad f(x)=0\quad (x<0)$$

est la densité de probabilité d'une loi L_t. Pour cette loi, le moment d'ordre n est $t(t+1)\dots(t+n-1)$, l'écart type est $\sqrt{t}$, et la fonction caractéristique est

$$(2)\qquad \varphi(z)=(1-iz)^{-t}.$$

La loi L_1 a une propriété curieuse, liée au fait que $\mathcal{R}[1/\varphi(z)]=1$: si X et Y dépendent de cette loi et sont indépendants l'un de l'autre, $|X-Y|$ dépend aussi de la loi L_1 ; $X-Y$ et $\pm X$ dépendent alors d'une même loi symétrique L^* pour laquelle la densité de probabilité et la fonction caractéristique sont $e^{-|x|}/2$ et $1/1+z^2$; on remarque qu'en intervertissant ces fonctions on obtient, à des facteurs constants près, celles qui caractérisent la loi de Cauchy.

D'après la formule (2), les lois L_t forment un groupe, et sont indéfiniment divisibles. Leur classement dans le groupe des lois indéfiniment divisibles résulte de la formule

$$\log \varphi(z) = t \int_0^\infty (e^{izu} - 1)\, n(u)\, du \qquad \left[n(u) = \frac{e^{-u}}{u} \right], \tag{3}$$

qui conduit à la conclusion suivante : à chaque rectangle élémentaire $dt\,du$ dans le quart de plan $t > 0$, $u > 0$ faisons correspondre une variable aléatoire égale à u dans des cas de probabilité $n(u)\,dt\,du$ et nulle dans les autres cas, toutes ces variables étant indépendantes; leur somme, u variant de zéro à l'infini et t de zéro à T, est presque sûrement positive et finie; désignons-la par X(T); $X(t)$ est une fonction à accroissements aléatoires indépendants, $X(t+\tau) - X(t)$ $(t \geqq 0,\ \tau > 0)$ dépendant de la loi L_τ. C'est presque sûrement une fonction toujours croissante, quoique ne croissant que par sauts.

Les lois L_t, et celles qui s'en déduisent par un changement d'unité et éventuellement un changement de signe, sont les éléments d'un groupe qui est un sous-groupe important du groupe des lois indéfiniment divisibles. Pour les lois symétriques de ce groupe, on a

$$\log \Phi(z) = 2 \int_0^\infty (\cos zu - 1)\, N(u)\, du = -\int_0^\infty \log(1 + \lambda^2 z^2)\, dF(\lambda), \tag{4}$$

avec $N(u) > 0$, $dF(\lambda) \geqq 0$ et

$$\int_0^\infty \frac{u^2}{1+u^2} N(u)\, du < \infty, \qquad \int_0^\infty \log(1+\lambda^2)\, dF(\lambda) < \infty.$$

Nous avons déjà indiqué ailleurs le moyen de déterminer $N(u)$ quand on connaît $\Phi(z)$ [1]; le passage de $\Phi(z)$ à $F(\lambda)$ dépend de l'inversion de la relation

$$u\,N(u) = \int_0^\infty e^{-\frac{u}{\lambda}}\, dF(\lambda) = -\int_0^\infty e^{-\mu u}\, dF\left(\frac{1}{\mu}\right).$$

La résolution de l'équation (4) par rapport à $F(\lambda)$ est ainsi ramenée au problème connu de l'inversion de la transformation de Laplace.

2. Désignons maintenant par $X(t)$ la fonction aléatoire de t, nulle pour t négatif, à accroissements aléatoires indépendants, et dépendant,

(1) *Théorie de l'addition des variables aléatoires*, p. 194-197.

pour chaque valeur positive de t, de la loi stable définie par

$$\log \mathfrak{M}\{e^{iz\mathrm{X}(t)}\} = t\left(-1 + i\beta \operatorname{tang}\frac{\pi}{2}\alpha\right)\frac{z^\alpha}{\Gamma(\alpha+1)} \qquad (z > 0),$$

avec $0 < \alpha \leqq 2$, $|\beta| \leqq 1$. Soit τ_n la plus petite valeur de t pour laquelle on ait

$$\mathrm{X}(t) = n \qquad [\text{ou } \mathrm{X}(t+0) \geqq n];$$

elle existe presque sûrement, sauf si $a < 1$, $\beta = -1$, cas où $\mathrm{X}(t) < 0$. Par raison d'homogénéité, τ_n/n^α dépend d'une loi $\mathcal{L}_{\alpha,\beta}$ indépendante de n.

Si $\alpha = 2$, $\mathrm{X}(t)$ est presque sûrement continu ; τ_n est alors la somme de n termes indépendants τ_1, $\tau_2 - \tau_1$, ..., $\tau_n - \tau_{n-1}$, qui dépendent de la même loi $\mathcal{L}_2$ que τ_n/n^2. Ce fait, complété par la remarque qu'il s'agit de variables essentiellement positives, permet d'identifier la loi $\mathcal{L}_2$ avec la loi stable pour laquelle $\alpha = 1/2$, $\beta = 1$. Sa densité de probabilité, $f(x)$, jusqu'ici définie seulement comme transformée de Fourier de la fonction caractéristique $\varphi(z)$, se déduit aisément de la définition de τ_1 ; on a ainsi

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} x^{-\frac{3}{2}} e^{-\frac{1}{2x}} \qquad (x > 0),$$

$$\varphi(z) = e^{(-1+i)\sqrt{z}} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^\infty x^{-\frac{3}{2}} e^{-\frac{1}{2x} + izx}\, dx \qquad (z > 0).$$

Si $\alpha < 2$, les discontinuités de $\mathrm{X}(t)$ empêchent l'extension du raisonnement précédent : $\tau_{\nu+1} - \tau_\nu$ dépend en effet d'une loi qui varie avec $\mathrm{X}(\tau_\nu + 0)$, expression qui peut être supérieure à ν, et même à $\nu + 1$, et τ_n n'apparaît plus comme la somme de n termes indépendants. Cette difficulté ne disparaît que dans le cas où $1 < \alpha < 2$, $\beta = -1$; dans ce cas $\mathrm{X}(t+0) - \mathrm{X}(t-0)$ est négatif ou nul et est presque sûrement nul pour $t = \tau_n$. On obtient alors entre la loi stable d'indices α et -1 et celle d'indices $1/\alpha$ et $+1$ une relation identique à celle que nous venons d'indiquer pour $\alpha = 2$.

Nous avons été conduit aux résultats qui précèdent par des considérations sur les discontinuités des processus stochastiques récemment exposées à la Société mathématique de France et qui seront développées dans un autre Recueil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les matrices continuisées à deux termes et leur application aux équations intégro-différentielles linéaires.* Note de M. **P. Hebroni**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. J'ai introduit (¹) les matrices continuisées à deux termes et j'ai montré leur applicabilité aux recherches sur les équations intégro-différentielles linéaires (²). J'énoncerai ici quelques autres théorèmes sur les matrices mentionnées et je donnerai quelques applications aux équations intégro-différentielles (³).

Théorème I. — *Chacune des équations*

$$(a)(b)=(1), \qquad (b)(a)=(1)$$

entraîne l'autre.

La démonstration repose sur l'application répétée du fait que chacune des équations

$$a(s,t)+\int_0^1 a(s,\lambda)\,b(\lambda,t)\,d\lambda+b(s,t)=0,$$

$$b(s,t)+\int_0^1 b(s,\lambda)\,a(\lambda,t)\,d\lambda+a(s,t)=0$$

est entraînée par l'autre.

Du théorème I découle aisément le

Théorème II. — *Si le produit $(a)(b)(c)\ldots(h)$ est régulier, alors chacun de ses facteurs est régulier.*

Du théorème II on déduit sans difficulté le

Théorème III. — 1. *Si dans l'équation*

$$\sum_0^\infty{}_i\,(a)_i\,(x)^i=(0)$$

$(a)_0$ *est régulier, alors toutes ses solutions sont régulières.*

2. *L'expression*

$$\sum_0^\infty{}_i\,(a)_i\,(x)^i$$

peut être régulière seulement dans le cas où (x) est régulier aussi.

(¹) *Monatshefte für Math. u. Phys.*, 33, 1923, p. 71-112.

(²) Voir aussi mon Mémoire dans *Compositio Math.*, 5, p. 403-429.

(³) Les notations sont celles de mon Mémoire cité sous (¹).

En définissant

$$\sin(x) = \sum_0^\infty{}_n (-1)^n \frac{(x)^{2n+1}}{(2n+1)!}, \qquad \cos(x) = \sum_0^\infty{}_n (-1)^n \frac{(x)^{2n}}{(2n)!},$$

on conclut que $\sin(x)$ peut être régulier seulement dans le cas où (x) est régulier aussi, et l'équation $\cos(x) = (0)$ n'a que des racines régulières.

2. Soit donné l'équation intégro-différentielle ([3])

$$(1) \qquad y'_{00} = \sigma_2(y_{00} \mid a).$$

D'après les résultats de mon Mémoire mentionné sous ([1]), l'équation (1) peut être considérée comme résolue si une solution régulière de

$$(2) \qquad (y)' = (y)(a)$$

est obtenue. Une solution de (2) étant connue, on demandera, par conséquent, si elle est régulière. On pourra affirmer ceci si certaines trois déterminantes de Fredholm ne s'annulent pas ([4]), ce qui sera en général très difficile à constater. Une méthode plus facile est donnée par les théorèmes suivants :

Théorème IV. — *Soit (a) régulier dans un certain domaine D et soit x_0 l'affixe d'un point de D. Soit (y) une solution de (2) dont le développement autour de x_0 est*

$$(3) \qquad (y) = \sum_0^\infty{}_n (\eta)_n (x - x_0)^n.$$

Si au moins un coefficient $(\eta)_n$ de cette série est régulier, alors (y) est régulier aussi.

Démonstration. — Soit $(\bar{y})$ une solution fondamentale de (2). Alors ([5]) on a, pour une certaine matrice (c) qui est constante par rapport à x,

$$(4) \qquad (y) = (c)(\bar{y}).$$

Si $(\eta)_n$ est régulier, on peut conclure de (3) et (4)

$$(\eta)_n = \frac{1}{n!}[(y)^{(n)}]_{x_0} = (c)\frac{1}{n!}[(\bar{y})^{(n)}]_{x_0},$$

et d'après le théorème II que (c) est régulier. $(\bar{y})$ est régulier comme solution fondamentale. Il résulte donc de (4) que (y) est régulier.

Théorème V. — *Si l'on peut déterminer un nombre n et deux matrices (α),*

([4]) *Loc. cit.*, ([1]), paragraphe 3.
([5]) *Loc. cit.*, ([1]), p. 91.

(β) *tels que*

$$|(\alpha)(\eta)_n(\beta) - (1)| < \frac{1}{9}\sum_0^1 {}_{ik\,1}\,\varepsilon_{ik},$$

alors (y) *est régulier.*

Démonstration. — D'après un théorème démontré dans le Mémoire mentionné sous ([1]) (p. 86), l'expression $(\alpha)(\eta)_n(\beta)$ est régulière. D'après le théorème II $(\eta)_n$ l'est aussi, et, d'après le théorème IV, (y) aussi.

Dans les applications on essaiera premièrement d'arriver au but avec $(\alpha)=$ un nombre ordinaire et $(\beta)=(1)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes hypercomplexes continus et la théorie des multigroupes.* Note de M. **J. Delsarte**, présentée par M. Henri Villat.

Les notions d'hypergroupe, de multigroupe, définies par divers auteurs ([1]), ont surtout été considérées jusqu'à présent du point de vue de la théorie des ensembles. Nous voulons montrer ici que les multigroupes se rencontrent naturellement dans la théorie des systèmes hypercomplexes continus.

Un premier exemple fera mieux comprendre ce que nous entendons par là. Soit G un groupe d'éléments s, opérant dans un espace E d'éléments x. Le transformé de x par l'opération s du groupe sera désigné par $s.x$; soit $f(x)$ une fonction définie sur E; la fonction $f(s.x)$ aussi définie sur E sera regardée comme résultant de l'application à $f(x)$ d'un opérateur linéaire fonctionnel dépendant paramétriquement de s et qu'on désignera par A^s; on écrira

$$g(x) = f(s.x) = A^s f = A_x^s[f(\xi)].$$

Il est clair que l'on a

$$A^s A^t = A^{st}. \tag{1}$$

Cette dernière formule conduit à regarder, lorsque G est un groupe continu, l'anneau des opérateurs

$$A = \int A^s d[\alpha(s)] \tag{2}$$

([1]) Sur les multigroupes, voir Dresher, Melvin and O. Ore, *American Journal of Math.*, 60, 1938, p. 301; sur les hypergroupes, voir Marty, *Ann. École Normale*, 3, 1937, p. 53.

comme constituant un système hypercomplexe continu dont la base est précisément formée des opérateurs A^s, avec la loi de multiplication (1).

Plus généralement, s décrivant toujours un continu G, l'anneau des opérateurs A, donnés par (2), sera dit constituer un système hypercomplexe continu :

1° lorsque dans la base A^s il y a un opérateur et un seul se réduisant à l'identité;

2° lorsque cette base A^s admet une loi de multiplication telle que

$$A^s A^t = \mathcal{A}_{s,t}[A^\sigma],$$

$\mathcal{A}_{s,t}$ désignant un opérateur d'opérateur, dépendant paramétriquement de s et t. Dans le calcul de $\mathcal{A}_{s,t}[A^\sigma]$, l'élément σ décrit une variété $V_{s,t}$ dépendant paramétriquement de s et t, réduite à un point dans le cas des groupes, et qu'on peut considérer comme se déduisant des éléments s et t par une loi de multiplication non univoque, mais associative, de sorte que la variété G, munie de cette structure, est un multigroupe.

Exemple. — Les séries de Taylor généralisées [2] donnent des exemples simples de systèmes hypercomplexes continus. Reprenant des notations antérieures, soit $\mathfrak{d}$ un opérateur linéaire défini dans un certain champ fonctionnel et admettant pour spectre continu tout le plan complexe

$$\mathfrak{d}_x[\varphi_\lambda(\xi)] = \lambda\varphi_\lambda(x),$$

la fonction spectrale $\varphi_\lambda(x)$ étant analytique par rapport à λ et holomorphe au voisinage de l'origine :

$$\varphi_\lambda(x) = f_0(x) + \lambda f_1(x) + \ldots + \lambda^n f_n(x) + \ldots.$$

Nous supposerons de plus que $\varphi_\lambda(s_0) = 1$, identiquement en λ, pour un élément s_0 et un seul. Soit, par ailleurs, X un opérateur linéaire fonctionnel; introduisons les opérateurs linéaires

$$A^s = f_0(s)E + f_1(s)\ \mathfrak{d} + \ldots + f_n(s)\ \mathfrak{d}^{(n)} + \ldots,$$
$$X^s = f_0(s)E + f_1(s)X + \ldots + f_n(s)X^{(n)} + \ldots,$$

qui dépendent paramétriquement de s; les opérateurs A^s forment la base d'un système hypercomplexe continu; il en est de même des opérateurs X^s et l'on a

$$A^s A^t = A^t_s[A^\sigma], \qquad X^s X^t = A^t_s[X^\sigma].$$

---

(2) Voir à ce sujet une Note de l'auteur, *Journ. de Math.*, 17, 1938, p. 213.

De plus, si l'on pose

$$g(s, t) = \Lambda_t^s[f(\tau)], \qquad h(s, x) = X_x^s[f(\xi)],$$

ces fonctions satisfont aux équations

$$\mathfrak{d}_s[g(\sigma, t)] = \mathfrak{d}_t[g(s, \tau)], \qquad \mathfrak{d}_s[h(\sigma, x)] = X_x[h(s, \xi)].$$

Revenant au cas général, supposons que G soit une variété topologique à r dimensions. Supposons, de plus, que la fonction

$$g(s, x) = \Lambda_x^s[f(\xi)]$$

soit suffisamment différentiable relativement aux variables s et x, et qu'enfin la variété de composition V_{st} soit un voisinage de s quant t est suffisamment voisin de l'élément i de G correspondant à l'identité, et de même aussi un voisinage de t, quand s est suffisamment voisin de i; on peut alors énoncer le théorème suivant qui généralise manifestement le premier théorème de Lie :

La fonction $g(s, x)$ satisfait à un système de r équations fonctionnelles, à variables séparées, de la forme

$$S_\alpha g = X_\alpha g \qquad (\alpha = 1, 2, \ldots, r), \tag{3}$$

où les S_α sont des opérateurs linéaires différentiels, en général d'ordre infini, ne jouant que sur les variables s (c'est-à-dire ne contenant que des dérivées par rapport aux s, les coefficients ne dépendant que des s), tandis que les X_α sont des opérateurs linéaires fonctionnels ne jouant que sur les variables x. Lorsque les opérateurs S_α sont du premier ordre, le multigroupe se réduit à un groupe.

Inversement, si l'on admet, pour un système de la forme (3), l'existence d'une solution dépendant d'une fonction arbitraire des x, on peut montrer *formellement*, tout au moins en se bornant au cas où les S_α sont d'ordre fini, que les opérateurs linéaires donnant l'expression de cette solution au moyen de la fonction arbitraire, constituent la base d'un système hypercomplexe continu.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctionnelles partiellement additives dans les espaces semi-ordonnés.* Note [1] de MM. **Leonidas Kantorovitch** et **Aaron Pinsker.**

Les K-espaces introduits les dernières années [2] dans l'analyse fonctionnelle ont permis de définir les nouvelles classes des opérations et des fonctionnelles linéaires et non-linéaires.

Dans cette Note nous indiquons les formes générales des fonctionnelles partiellement additives et continues dans les K-espaces avec *unité* [2], [3].

Nous appelons la fonctionnelle $F(x)$ partiellement additive, si la relation

$$\mathcal{F}(x+y)=\mathcal{F}(x)+\mathcal{F}(y)$$

est remplie pour chaque couple d'éléments x et y, pour lesquels

$$\inf(|x|, |y|)=0.$$

Soit Φe la fonction additive et bornée [4] définie dans l'ensemble $\mathcal{E}=\{e\}$ des *éléments unitaires* appartenant à un certain K-espace avec *unité* R.

L'ensemble $\mathcal{J}=\{\Phi\}$ de toutes ces fonctions représente le K-espace complet et normé dans lequel $\Phi>0$ signifie $\Phi e\geqq 0$, Φe n'est pas identiquement égal à zéro et

$$\|\Phi\|=|\Phi|1=\sup_{e\in\mathcal{E}}|\Phi e-\Phi(1-e).$$

Considérons l'ensemble R_b des éléments *bornés*, c'est-à-dire les éléments pour lesquels existe la constante λ telle que $|x|\leqq\lambda.1$.

Soit λ_0 la plus petite λ satisfaisant à cette inégalité, posons $\|x\|=\lambda_0$.

Convenons d'appeler la fonction abstraite $\Phi(\mu)=\Phi(\mu).e$ définie dans l'intervalle $(\alpha\leqq\mu\leqq\beta)$, dont le contredomaine est situé dans l'espace $\mathcal{J}$ uniformément continue dans cet intervalle, si, quel que soit $\varepsilon>0$, il existe δ

---

(1) Séance du 3 octobre 1938.

(2) Voir, par exemple, L. Kantorovitch, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 813-816; et p. 1251-1253 et *Rec. Math.*, 2, 1937, p. 121-168.

(3) Les espaces avec *unité* sont introduits par M. H. Freudenthal. Voir *Proceedings*, 39, n° 5, 1936, Amsterdam, p. 641-651.

(4) C'est-à-dire $\Phi(e_1+e_2)=\Phi.e_1+\Phi.e_2$, si $\inf(e_1, e_2)=0$ et $|\Phi.e|\leqq K$.

tel que l'inégalité

$$|\mu' - \mu''| < \delta \qquad (\alpha \leqq \mu', \ \mu'' \leqq \beta)$$

implique

$$|\Phi(\mu') - \Phi(\mu'')| \leqq \varepsilon . \Phi^{(0)},$$

où $\Phi^{(0)} \in \mathcal{J}$ ne dépend que du choix des nombres α et β.

Le théorème fondamental suivant a lieu :

THÉORÈME 1. — *La forme générale d'une fonctionnelle partiellement additive et continue dans* R_b *est donnée par la formule*

$$(\star) \quad \begin{cases} \mathcal{F}(x) = \displaystyle\int_{-\infty}^{\infty} \Phi(\gamma)\, de_\gamma = \lim_{\upsilon \to 0} \sum_{i=-\infty}^{\infty} \Phi(\gamma_{i+1})\,(e_{\gamma_{i+1}} - e_{\gamma_i}) \qquad (\gamma_{i+1} - \gamma_i < \delta), \\ x = \displaystyle\int \gamma\, de_\gamma(x), \end{cases}$$

où $\Phi(\mu)$ est une fonction abstraite dont le contredomaine est situé dans l'espace $\mathcal{J}$ satisfaisant aux conditions suivantes :

a. $\Phi(\mu)$ est uniformément continue dans chaque intervalle fini;

b. $\Phi(0) = 0$.

L'ensemble des éléments $x \in R_b$ peut être considéré comme K-espace. Dans ce cas nous le désignerons par $\overline{R}_b$. La relation $x_n \to x$ dans $\overline{R}_b$ est équivalent : $x_n \to x$ dans R et $|x_n| \leqq \lambda . 1$, où λ est constante.

THÉORÈME 2. — *La forme générale d'une fonctionnelle partiellement additive et continue dans* $\overline{R}_b$ *est donnée par la formule* $(\star)$, *où les fonctions* $\Phi(\mu).e$ *et* $\Phi^{(0)}.e$ *sont absolument additives et satisfont aux conditions a et b du théorème* 1.

Introduisons le K-espace R_c formé de tous les éléments x admettant la représentation

$$x = \int_{-\infty}^{\infty} \gamma\, de_\gamma.$$

Il est évident que $R \subset R_c$. Soit $e^\star \in \mathcal{E}$ est un élément ayant la propriété : si $e' < e^\star$, $e' \in \mathcal{E}$, alors $e' = 0$ et soit $E^\star = \sum_{i=1}^{n} e_i^\star$. Posons

$$\Phi^\star(\mu) = \Phi^\star(\mu).e = \Phi(\mu).\{\inf[e, 1 - E^\star]\}.$$

THÉORÈME 3. — *La forme générale d'une fonctionnelle partiellement additive est continue dans* R_c *est donnée par la formule* $(\star)$, *où les fonctions* $\Phi(\mu).e$ *et* $\Phi^{(0)}.e$ *satisfont aux conditions du théorème* 2 *et à la condition complémentaire :*

c. Il existe l'ensemble $E^{\star}=\sum_{i=1}^{n} e_i^{\star}$ tel que

$$\sup_{-\infty<\mu<\infty} \{|\Phi^{\star}(\mu)|\} < +\infty.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Le réseau* [R.V.] *des fonctions entières autour du point singulier essentiel.* Note de M. **Lucien Hibbert**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $f(z)$ la fonction déduite d'une fonction entière en ramenant le point essentiel en A, à distance finie.

Faisceaux f_k de courbes R [1]. — Soit $\overrightarrow{ik}$ un segment de courbe V_a sans point j, $R_k > R_i$. Supposons que les courbes R déterminées par $\overrightarrow{ik}$ se ferment toutes en A; et enlevons du faisceau $\overrightarrow{ik}$ toutes les courbes R qui passent par un point j ou qui ont des cassures en A. Le faisceau $\overrightarrow{ik}$ est divisé en faisceaux f_k, sans points j et sans cassures en A.

Un tel faisceau f_k, peut-il se réduire à une seule courbe R ? La réponse est négative. Appelons R_{jA} une courbe R qui présente une cassure en A. Tout faisceau f_k est limité à gauche par un parcours positif à droite R_j ou R_{jA} et à droite par un parcours positif à gauche. Si le faisceau f_k se réduisait à une seule courbe R, un parcours positif à droite coïnciderait avec un parcours positif à gauche, ce qui n'est pas possible.

Faisceaux $f_{[V,\infty]}$. — Appelons faisceaux $f_{[V,\infty]}$, les faisceaux f_k de courbes V déterminés par un élément $\overrightarrow{ik}$ de courbe R sans point j qui délimitent un domaine sans point j et sans cassures en A dans lequel toutes les courbes V arrivent en A avec $R=\infty$.

Nous voulons montrer que le parcours à gauche V_i, de même que le parcours à droite V_k qui délimitent $f_{[V,\infty]}$ à droite et à gauche, ne peuvent pas passer par une infinité de points j.

Supposons $V_i=0$, et faisons l'application du domaine [ikA] du faisceau $f_{[V,\infty]}$ sur un domaine [OBCO], $\overrightarrow{OB}$ étant une portion de l'axe réel positif, le point i en O, le point A en B et le point k quelque part sur [BCO]. Dans le domaine [OBCO], la fonction transformée de $f(z)$ est

[1] Pour les notations voir *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 891 et 961.

réelle sur l'axe réel $\overrightarrow{OB}$; le prolongement analytique de cette transformée $f_1(z)$ se fait dans $[OBC_1 O]$ symétrique par rapport à $\overrightarrow{Ox}$ de $[OBCO]$, par application du principe de symétrie de Schwarz.

Soit $\varphi(z)$ la fonction appliquant $[ikA]$ sur $[OBCO]$, et $\varphi_1(z)$ la fonction inverse. Désignons par $d_1, d_2, \ldots, d_n, \ldots$, les domaines que les prolongements analytiques de $\varphi_1(z)$ dans $[OBC_1 O]$ font correspondre à $[OBC_1 O]$. Ces domaines dans le plan $[ikA]$ tendent vers A, comme point limite. Dans $[OBCO]$, $\varphi_1(z)$ donne un point image qui couvre $[ikA]$, tandis que son prolongement analytique ou l'un de ses prolongements analytiques garde une valeur constante A dans toute l'aire $[OBC_1 O]$, ce qui est impossible.

Sur un parcours positif V, conduisant en A avec $R = \infty$, on ne peut donc pas trouver une infinité de points j. Cette propriété fondamentale des parcours positifs V permet de démontrer le fait que tout faisceau $f_{[V,\infty]}$ fait partie d'un faisceau $F_{[V,\infty]}$, dans lequel toutes les courbes V conduisent en A avec $R = \infty$, et sur lequel la courbe V qui coïncide avec V_α pour $V = \alpha$, tourne autour de A dans le sens positif quand V décroît d'une infinité de fois 2π, et dans le sens négatif quand V croît d'une infinité de fois 2π.

Théorème I. — *Toute branche de courbe V_a qui, dans le sens positif, conduit en A avec $R = \infty$, fait partie d'un faisceau V de sommet A, $F_{[V,\infty]}$, dans lequel V varie d'une infinité de fois 2π en tournant autour de A dans le sens négatif.*

Faisceaux $f_{[V,0]}$. — Les faisceaux $f_{[V,0]}$ sont les faisceaux f_k de courbes V, déterminés par une courbe V conduisant en A dans le sens négatif avec $R = 0$.

Pour les mêmes raisons que précédemment les parcours négatifs limites d'un faisceau $f_{[V,0]}$ ne passent pas par une infinité de points j.

Théorème II. — *Toute branche de V_a qui conduit en A avec $R = 0$, dans le sens négatif, fait partie d'un faisceau $F_{[V,0]}$ de sommet A, dans lequel V varie d'une infinité de fois 2π en tournant autour de A dans le sens positif.*

Faisceaux $F_{[V_a, R_h]}$. — Les faisceaux $F_{[V_a, R_h]}$ sont les faisceaux de courbes V_a, qui conduisent en A dans le sens négatif avec $R = R_h$. De tels faisceaux sont dénombrables; ce sont les courbes V_a du faisceau $F_{[V,0]}$ de la fonction $f(z) - R_h e^{iV_a}$. Ces courbes, en infinité dénombrable, forment en A des angles curvilignes de sommet A, dans lesquels tout chemin conduit en A avec $\lim_{z=A} f(z) = R_h e^{iV_a}$.

Théorème III. — *Toute courbe V_a, qui dans le sens négatif conduit en A*

avec $R = R_h$, *fait partie d'un faisceau* $F_{[V_a, R_h]}$, *comprenant une infinité dénombrable de courbes* V_a, *formant en* A *des angles curvilignes de sommet* A, *dans lesquels tout chemin conduit en* A *avec la valeur asymptotique finie* $R_h e^{iV_a}$.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Rotations barotropes en seconde approximation dans un astre fluide stratifié en couches ellipsoïdales.* Note [1] de M. **Pierre Dive**, présentée par M. Élie Cartan.

On sait que des rotations permanentes *barotropes* [2] sont impossibles, *en toute rigueur*, dans un astre fluide stratifié en couches ellipsoïdales [3]. Mais on ne peut rien dire, *a priori*, sur l'existence de rotations barotropes dans des masses stratifiées en couches ellipsoïdales, *en seconde approximation* [4]. Nous nous proposons d'élucider cette question, jusqu'ici restée dans l'ombre.

Dans un plan méridien, il est commode de définir un point par le demi-petit axe β de l'ellipse (β), à densité constante ρ, sur laquelle il se trouve, et par le carré x^2 de sa distance à l'axe de rotation Oz. Z désignant la composante de l'attraction parallèle à cet axe; f, la constante de la gravitation universelle, nous avons montré que la condition nécessaire et suffisante de barotropie était que la fonction $N \equiv -Z/4\pi fz$ soit de la forme

$$\frac{N_0}{1+\mu x^2}, \tag{1}$$

où $\mu = (1+\tau^2)^{-2}(d\tau^2/d\beta^2)$ caractérise la variation de l'*aplatissement* $\tau(\beta)$, rapport du demi-axe focal γ au demi-petit axe β, et ne dépend, comme N_0, que de β [5]. Or nous avons établi, d'autre part, que, dans le cas d'une stratification ellipsoïdale, $N(\beta, x^2)$ était une fonction analytique en x^2, de sorte que la condition précédente est, *en toute rigueur*, équivalente au

---

(1) Séance du 12 décembre 1938.

(2) Les mouvements d'un fluide hétérogène sont dits *barotropes* lorsque ses surfaces d'égale densité et ses surfaces d'égale pression coïncident; la densité est alors une fonction univoque $\rho = f(p)$ de la pression.

(3) Cf. P. Dive, *Rotations internes des astres fluides*, p. 70, Paris, 1930; R. Wavre, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 462.

(4) Une relation est dite de *seconde approximation* lorsque, dans son développement, on néglige les termes dont l'ordre surpasse celui de la quatrième puissance de l'ellipticité maxima des surfaces d'égale densité, assimilée à une quantité infiniment petite.

(5) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 99.

système

$$(2)\qquad \mu \frac{\partial^{(p-1)} N}{(\partial x^2)_0^{(p-1)}} + \frac{1}{p} \frac{\partial^p N}{(\partial x^2)_0^p} = 0 \qquad (p = 1, 2, \ldots, \infty) \quad (^6).$$

Pour l'étude que nous faisons, concernant la seconde approximation, il suffit de donner à p les valeurs 1 et 2, car les coefficients des puissances de x supérieures à 4 sont, en effet, tous d'un ordre infinitésimal supérieur à celui de τ^4.

Soit K la borne supérieure de l'ensemble des valeurs de l'aplatissement, dont la loi sera donnée par la fonction $\theta(\beta)$ telle que $\tau^2(\beta) = K^2\theta(\beta)$. Si, dans les équations (2), on ne conservait que les termes en K^2, on se trouverait dans le cas de la première approximation; on pourrait se donner arbitrairement l'une des fonctions $\theta(\beta)$ et $\rho(\beta)$, l'autre serait déterminée par la célèbre équation de Clairaut. Supposons le problème résolu, en seconde approximation, par une loi des aplatissements $\tau(\beta)$ à laquelle correspondrait, en première approximation, par l'équation de Clairaut, la loi des densités $\rho_0(\beta)$. Pour satisfaire aux équations de la seconde approximation nous sommes conduit à poser : $\rho(\beta) = \rho_0(\beta) + \Sigma K^{2p}\rho_p(\beta)$, où il suffira, d'ailleurs, de faire $p = 1$. En explicitant les équations de condition (2), et en égalant à 0 les coefficients de K^2 et K^4, on obtient le système de trois équations intégro-différentielles, à trois fonctions inconnues $\rho_0(\beta)$, $\rho_1(\beta)$, $\theta(\beta)$:

$$(\text{A})\quad \theta'(\beta)\left[\rho_0(\beta) - \int_0^1 t^3 \rho'_0(t\beta)\,\beta\,dt\right] + 3\int_0^1 t^3[\theta(\beta) - \theta(t\beta)\,t^2]\,\rho'_0(t\beta)\,dt = 0,$$

$$\begin{aligned}(\text{B})\quad & \theta'(\beta)\left\{\rho_1(\beta) - \int_0^1 t^3 \rho'_1(t\beta)\,\beta\,dt + \frac{2}{5}\left[\rho_0(\beta_e)\,\theta(\beta_e) - \int_\beta^{\beta_e} \theta(\beta)\,\rho'_0(\beta)\,d\beta\right]\right. \\ & \qquad \left. - 3\int_0^1 t^3\left(\frac{1}{3} - \frac{t^2}{5}\right)\theta(t\beta)\,\rho'_0(t\beta)\,\beta\,dt - 2\theta(\beta)\left[\rho_0(\beta) - \int_0^1 t^3 \rho'_0(t\beta)\,\beta\,dt\right]\right\} \\ & \qquad + 3\int_0^1 t^3[\theta(\beta) - \theta(t\beta)\,t^2]\,\rho'_1(t\beta)\,dt \\ & \qquad - 3\int_0^1 t^3[\theta(\beta) - \theta(t\beta)\,t^2][\theta(\beta) - \theta(t\beta) + 2\theta(t\beta)\,t^2]\,\rho'_0(t\beta)\,dt = 0,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(\text{C})\quad & 2\beta\,\theta'(\beta)\int_0^1 t^3[\theta(\beta) - \theta(t\beta)\,t^2]\,\rho'_0(t\beta)\,dt \\ & \qquad + \int_0^1 t^3[\theta(\beta) - \theta(t\beta)\,t^2][9\theta(t\beta)\,t^2 - 5\theta(\beta)]\,\rho'_0(t\beta)\,dt = 0 \quad (^7).\end{aligned}$$

---

(6) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 987.

(7) L'indice e indique une valeur prise sur la surface extérieure (β_e), pour $\beta = \beta_e$.

Ce système, dont la résolution se ramène à des quadratures, comporte une double infinité de *solutions analytiques* pour les fonctions $\tau(\beta)$ et $\rho_0(\beta)$ et une quadruple pour $\rho_1(\beta)$. Nous avons ainsi introduit dans la théorie des astres fluides une notion nouvelle : celle d'*ellipsoïde hétérogène barotrope en seconde approximation* (8).

L'analyse du système précédent nous a, en outre, permis de faire les remarques importantes suivantes :

1° *l'aplatissement d'aucune couche ne peut être nul; au centre, en particulier*, $\tau(0) > 0$;

2° *la dérivée* $\rho'_0(\beta)$ *est nulle au centre :* $\rho'_0(0) = 0$;

3° *la dérivée* $\tau'(\beta)$ *de l'aplatissement est nulle au centre :* $\tau'(0) = 0$;

4° *le paramètre de condensation de Radau* $\eta = \beta.(\theta'/\theta)$ *est nécessairement* $< 5/2$.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Les points singuliers dans le problème restreint des trois corps.* Note de M. D. **Belorizky**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Considérons les deux corps P_1 et P_2 décrivant dans un plan des orbites circulaires autour de leur centre de gravité et le corps P de masse négligeable qui se meut dans le même plan. En choisissant convenablement les unités, en prenant des axes entraînés avec les corps P_1 et P_2 de telle façon que l'axe des x passe par P_1 et P_2, et en prenant pour origine le centre de gravité de P_1 et de P_2, les équations du mouvement de P s'écrivent

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{d^2x}{dt^2} - 2\dfrac{dy}{dt} = x - (1-\mu)\dfrac{x-x_1}{r_1^3} - \mu\dfrac{x-x_2}{r_2^3}, \\ \dfrac{d^2y}{dt^2} + 2\dfrac{dx}{dt} = y - (1-\mu)\dfrac{y}{r_1^3} - \mu\dfrac{y}{r_2^3}, \end{cases}$$

(8) Nous nous trouvons en contradiction, d'une part, avec la thèse de M. Véronnet (*Rotation de l'ellipsoïde hétérogène et figure exacte de la Terre*), qui postule l'existence de rotations barotropes, en *toute rigueur*, et en seconde approximation, dans des stratifications ellipsoïdales *quelconques*, et, d'autre part, avec le fascicule II du tome 4 de *Traité de Mécanique rationnelle* de Paul Appell, où l'auteur, M. Véronnet encore, affirme avoir démontré l'impossibilité des rotations barotropes dans des stratifications *rigoureusement* ellipsoïdales, à partir d'une formule de *seconde approximation* (p. 207 et 208). La démonstration de M. Véronnet comporte en effet plusieurs erreurs : il est inexact, par exemple, que le premier membre de (50') (§ 156, p. 208) soit un zéro d'ordre 3.

x_1 et x_2 étant les abscisses des corps P_1 et P_2 dont les masses sont respectivement $1-\mu$, $\mu(\mu < 1/2)$; $r_1^2=(x-x_1)^2+y^2$; $r_2^2=(x-x_2)^2+y^2$. Avec les unités choisies on a $x_2-x_1=1$.

Nous avons étudié (¹) les chocs réels en appliquant la transformation de contact de M. Levi-Civita. La même transformation permet d'étudier les chocs binaires imaginaires. Dans ce qui suit nous étudions le cas où $r_1=r_2=0$. Dans le problème général des trois corps, comme l'a montré M. Uno (²), il existe des points singuliers où les deux distances s'annulent, la troisième restant finie. Mais il est facile de voir que, dans le problème plan des 3 corps (8 degrés de liberté), de tels points n'existent pas, car, si les deux distances s'annulent, la troisième s'annule aussi même dans le plan complexe.

2. Si $r_1=r_2=0$, $x=(x_1+x_2)/2=a$, $y=\pm i/2\ (i=\sqrt{-1})$. Posons $x=x'+a$, $y=y'+i/2$ et prenons comme nouvelles variables $u=x'+iy'$, $w=-x'+iy'$, $T=it$.

Alors les équations (1) se transforment en

$$(2)\quad \begin{cases} \dfrac{d^2u}{dT^2}+2\dfrac{du}{dT}=-u-a+\dfrac{1}{2}-\dfrac{1-\mu}{\sqrt{u}\sqrt{(1-w)^3}}-\dfrac{\mu}{\sqrt{w^3}\sqrt{1-u}}, \\ \dfrac{d^2w}{dT^2}-2\dfrac{dw}{dT}=-w+a+\dfrac{1}{2}-\dfrac{1-\mu}{\sqrt{u^3}\sqrt{1-w}}-\dfrac{\mu}{\sqrt{w}\sqrt{(1-u)^3}}, \end{cases}$$

et l'intégrale de Jacobi s'écrit

$$(3)\quad \frac{du}{dT}\frac{dw}{dT}=-uw+\left(-a+\frac{1}{2}\right)w+\left(a+\frac{1}{2}\right)u-\frac{2(1-\mu)}{\sqrt{u}\sqrt{1-w}}-\frac{2\mu}{\sqrt{1-u}\sqrt{w}}+C.$$

Remarquons que tous les coefficients des équations (2) et (3) sont réels. Nous démontrons qu'au voisinage des points $u=w=0$, u et w sont développables suivant les puissances de $(T-T_0)^{\frac{1}{5}}$, et ces développements dépendent d'une seule constante arbitraire en dehors de T_0. Ces développements sont convergents pour $T-T_0$ assez petit. Ainsi ces intégrales dépendent de 2 constantes de moins que l'intégrale générale.

Si l'on revient aux variables x, y, t, on a, au voisinage du point $x=a$, $y=+i/2$,

$$x=a+a_0(t-t_0)^{\frac{4}{5}}+a_2(t-t_0)^{\frac{6}{5}}+a_4(t-t_0)^{\frac{8}{5}}+a_5(t-t_0)^{\frac{9}{5}}+\ldots,$$
$$y=\frac{i}{2}+b_0(t-t_0)^{\frac{4}{5}}+b_2(t-t_0)^{\frac{6}{5}}+\ldots$$

(b_2 étant une constante arbitraire).

(¹) D. Belorizky, *Thèse*, Gauthier-Villars, 1933, p. 45.

(²) T. Uno, *Annali di Matematica*, 14, 1936, p. 122.

Si $1-\mu=\mu=1/2$, c'est-à-dire si P_1 et P_2 ont la même masse, on a

$$x = a_5(t-t_0)^{\frac{9}{5}} + \ldots,$$
$$y = \frac{i}{2} + b_0(t-t_0)^{\frac{4}{5}} + b_2(t-t_0)^{\frac{6}{5}} + \ldots$$

Tout ceci s'applique au point $x=a, y=-(i/2)$, qui correspond au point $w=1$, $u=1$. Ainsi les deux points $x=a, y=\pm(i/2)$ sont des points critiques algébriques d'ordre 4.

3. Les équations (2) et (3) cessent d'être holomorphes dans le plan de uw pour 8 points : 1° $u=0, w=0$; 2° $u=1, w=1$; 3° $u=0, w=1$; 4° $u=1, w=0$; 5° $u=0$, $w=$ const.; 6° $u=1$, $w=$ const.; 7° $w=0$, $u=$ const.; 8° $w=1, u=$ const. Les points 3° et 4° correspondent aux chocs réels : au voisinage de ces points les coordonnées sont développables suivant les puissances de $(t-t_0)^{1/3}$. Les 4 autres points correspondent aux chocs simples imaginaires. Au voisinage de ces points les coordonnées sont développables suivant les puissances de $(t-t_0)^{1/2}$.

En tout autre point à distance finie dans les plans complexes de u et de w les équations différentielles (2) sont holomorphes et admettent par conséquent des intégrales holomorphes en $(t-t_0)$. Ainsi nous arrivons au résultat suivant : *Dans le problème restreint des trois corps il n'y a pas d'autres singularités, à distance finie, que des points critiques algébriques.*

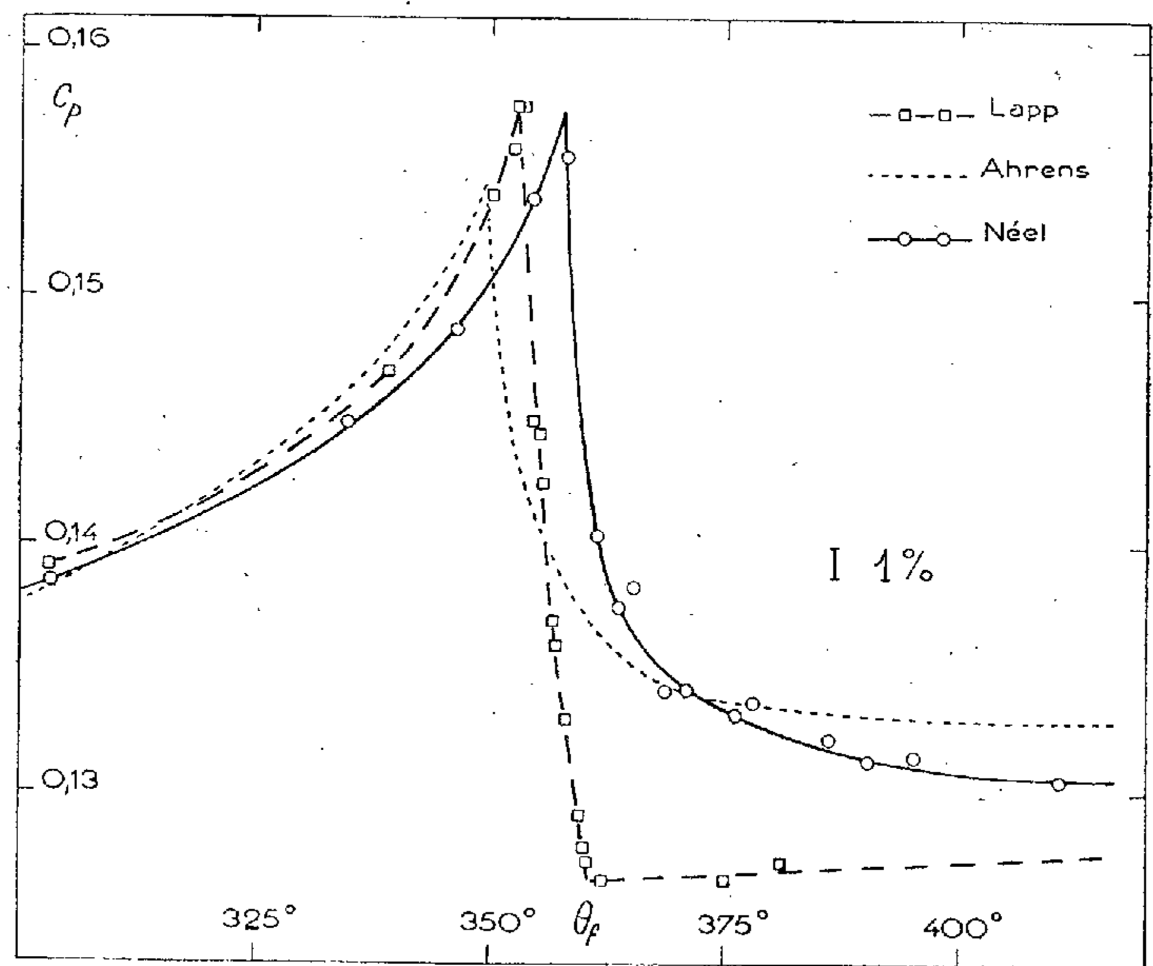
CHALEURS SPÉCIFIQUES. — *Application au nickel d'une nouvelle méthode de mesure des chaleurs spécifiques vraies.* Note de M. **Louis Néel**, transmise par M. Pierre Weiss.

Les déterminations récentes de la chaleur spécifique vraie du nickel concordent jusqu'au point de Curie, mais, au delà, divergent notablement. Pour trancher ce désaccord, j'ai mis au point une méthode électrique qui permet d'étudier un *culot massif* très pur (99,91 pour 100).

Le nickel à étudier, un cylindre de 100^g environ, est placé, dans le vide, à l'intérieur d'un thermostat à la température où l'on veut mesurer la chaleur spécifique. On mesure, avec un couple thermoélectrique, l'élévation de température qui correspond à la quantité de chaleur communiquée au cylindre par une résistance électrique placée à son intérieur et dans laquelle on envoie un courant pendant un court instant. La principale difficulté est la détermination précise des pertes de chaleur entre le chauffage et l'instant où, la température étant devenue uniforme, on mesure son élévation. L'originalité de la méthode consiste à entourer de toutes parts le cylindre par une

enceinte isolée, de capacité calorifique connue, dont on mesure aussi l'élévation de température; on a ainsi directement la chaleur perdue par le cylindre tandis que la chaleur perdue par l'enceinte n'intervient qu'au second ordre.

t.	*c.*	*t.*	*c.*	*t.*	*c.*
°		°		°	
390,2	0,1313	91,7	0,1129	18,2	0,1060
376,1	0,1332	156,4	0,1202	410,6	0,1305
368,6	0,1341	225,4	0,1289	425,8	0,1305
363,6	0,1375	303,2	0,1385	14,1	0,1052
358,0	0,1556	361,3	0,1404	19,7	0,1057
354,3	0,1539	365,2	0,1383	35,0	0,1074
346,3	0,1487	371,1	0,1342	456,8	0,1297
334,7	0,1449	378,1	0,1337	457,2	0,1301
262,3	0,1314	211,6	0,1268	487,7	0,1303
192,2	0,1238	386,5	0,1322	540,1	0,1307
120,8	0,1154	395,2	0,1315		
60,9	0,1096	13,9	0,1057		



Avec un couple homogène, la précision est de 2 à 3 millièmes, jusqu'à 500° C. Ici, elle était un peu moindre, car j'ai utilisé des couples très sensibles et médiocrement homogènes qui permettaient de petites élévations de température (deux degrés). Le tableau et la figure donnent les chaleurs spécifiques mesurées, à pression constante, comparées aux résultats de Lapp [1]

[1] *Ann. de Physique*, **12**, 1929, p. 442.

et d'Ahrens (²). L'abaissement brusque de la chaleur spécifique débute à 357°,5 ± 1°, tandis que le point de Curie du même nickel a été trouvé (³) égal à 357°,9. Il y a *étalement* de la chaleur spécifique au-dessus du point de Curie, les résultats d'Ahrens sont confirmés. Le point de Curie le plus bas qu'il trouve (351°) provient des impuretés de son échantillon (0,6 pour 100).

ÉLECTRONIQUE. — *Température des électrons* T_e *dans une décharge à colonne positive en courant alternatif* (50 ∼). *Méthode expérimentale.* Note (¹) de MM. **W. Uyterhoeven** et **C. Verburg**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Dans une décharge à colonne positive en courant alternatif, la température des électrons T_e $\left[(3kT_e)/2 = (m_e\overline{v_e^2})/2 = eV_e\right]$ doit varier d'une façon périodique avec les variables de la décharge : la tension aux bornes v_l et le courant i_l. Nous avons développé une méthode qui permet la détermination de T_e à chaque instant de la phase. Nous la décrirons brièvement, ainsi que quelques résultats qu'elle a permis d'obtenir.

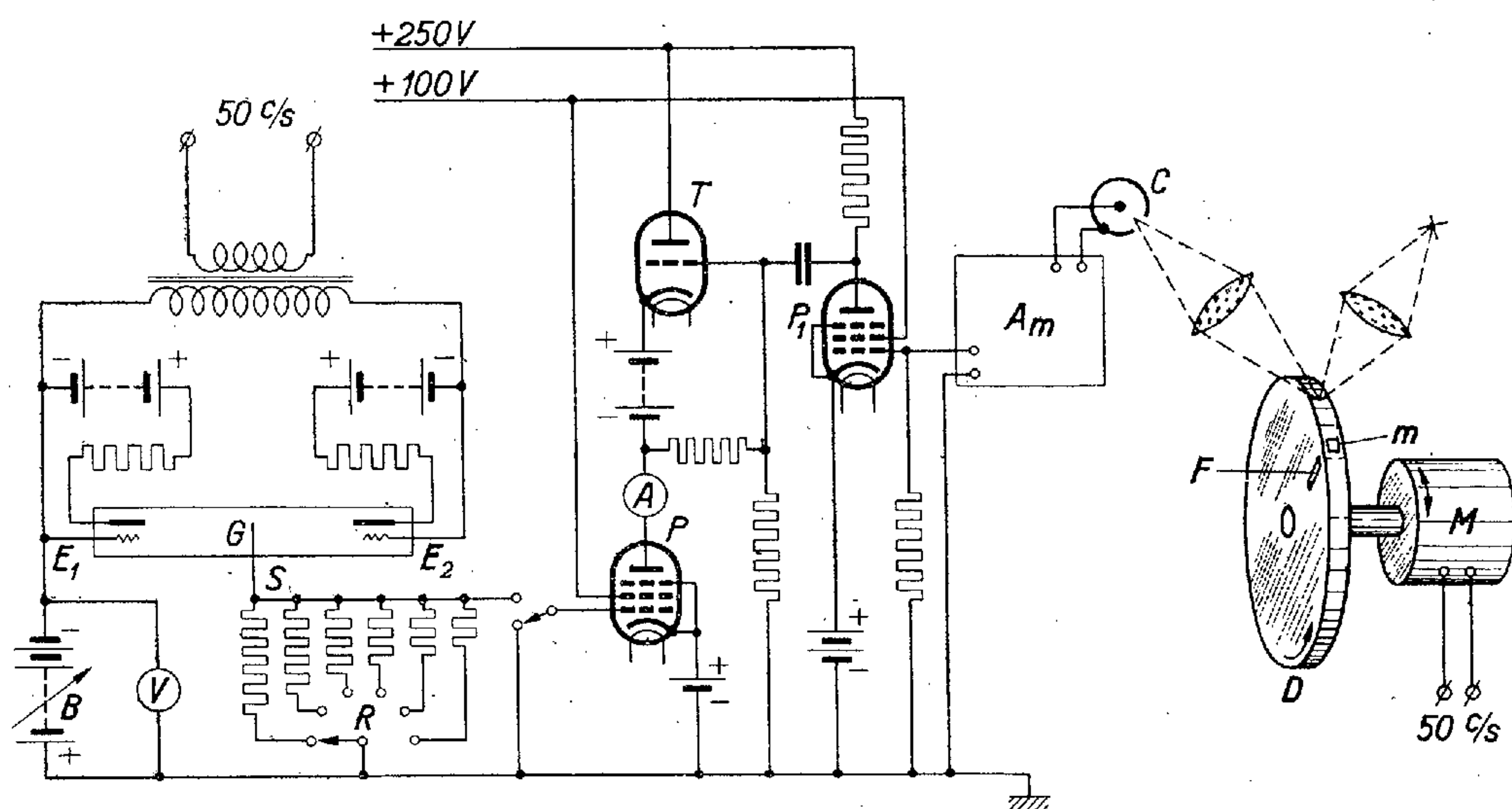
La méthode des sondes électriques d'après Langmuir et Mott-Smith (²), utilisée par eux dans l'étude des décharges à courant continu, peut s'appliquer, moyennant certains changements, aux décharges en courant alternatif. La sonde S (voir la figure) est connectée, après intercalation d'une résistance réglable R, à l'une des électrodes E_1, par exemple, et l'on peut lui appliquer un potentiel quelconque par rapport à celle-ci au moyen d'une batterie B. Le potentiel doit être corrigé de la chute de tension dans la résistance R se trouvant entre l'électrode E_1 et la sonde S.

Dans le circuit $SRBE_1$ circule un courant de sonde i_S variable, dépendant de la différence de potentiel entre sonde S et espace G environnant, ainsi que du degré d'ionisation du gaz, fonction du courant i_l. Si l'on mesure dans les périodes successives, pendant une très petite fraction de celles-ci, chaque fois pour le même angle de phase, on élimine les variations périodiques alternatives du degré d'ionisation (c'est-à-dire de i_l) et de la différence de potentiel entre E_1 et G (c'est-à-dire de v_l). Il suffit maintenant de varier la tension de B pour obtenir une caractéristique de sonde normale $i_S = f(V_S)$ pour un angle de phase déterminé.

(²) *Ann. der Physik*, 21, 1934, p. 169.
(³) Néel, *J. de Physique et Radium*, 6, 1935, p. 27.

(¹) Séance du 12 décembre 1938.
(²) *Gen. El. Rev.*, 27, 1924, p. 449 et suiv.

La mesure du courant de sonde i_s se fait par la chute de tension qu'il produit dans la résistance R, qui sert de tension de grille pour une lampe amplificatrice P (penthode). La tension d'anode de cette dernière n'est appliquée que pendant une fraction d'environ 1 pour 100 de la durée d'une demi-période, exactement pendant $1,1.10^{-4}$ sec. L'ouverture et la fermeture du circuit d'anode se fait par une triode T, qui se trouve en série avec la penthode et dont la tension de grille est commandée par le courant



d'une cellule photoélectrique C. A cet effet le courant de la cellule est amplifié par un amplificateur A_m et une penthode P_1.

Le réglage du moment choisi pour la mesure du courant de sonde se fait de la façon suivante : Devant l'endroit du tube où se trouve la sonde est placé un disque D présentant près du bord une fente radiale F, le disque étant monté sur l'axe d'un moteur M synchrone, à 3000 tours, branché sur le même secteur que le tube à décharge employé. Quand le disque est en rotation, on peut observer à travers la fente l'endroit de la décharge dans le voisinage de la sonde pour le même angle de phase des périodes successives. En tournant la cage du moteur relativement au disque, on peut varier l'angle de phase. Le disque porte sur sa circonférence un petit miroir *m*. Lorsque le miroir se trouve, lors de la rotation, dans une certaine position, un faisceau lumineux intense et étroit est réfléchi de façon à tomber dans la cellule photoélectrique C. Il s'y produit des impulsions de courant, transmises sous forme d'impulsions de tension à la grille de la triode T, qui laisse passer pendant ce temps très court le

courant d'anode de la penthode P. Ce courant, mesuré au moyen du microampèremètre A, permet, après étalonnage, la détermination du courant de sonde i_S.

ÉLECTROCHIMIE. — *Confrontations argent-platine dans les iodures aqueux et électrostatique du contact* Ag — I^-. Note [1] de Mlle **Suzanne Veil**, transmise par M. Jean Perrin.

Dans l'étude des piles simples, résultant de la confrontation de deux métaux donnés en milieu électrolytique, un intérêt spécial s'attache aux bains dont le comportement s'écarte franchement de celui de l'eau pure, toutes actions chimiques étant pratiquement écartées. Les solutions d'iodure de potassium ayant été reconnues donner lieu à des effets d'exaltation marquée de f. e. m. du point de vue de la confrontation argent-platine [2], il convenait d'appliquer les mêmes observations à d'autres iodures aqueux. Les présentes expériences ont conduit à chercher l'origine des phénomènes observés dans le contact Ag — I^-, contact qui engage, on le remarquera, deux éléments relativement riches en électrons extranucléaires, situés aux extrémités d'une demi-grande période de la classification périodique.

Le contrôle à l'électromètre de la confrontation argent-platine dans divers iodures a dégagé le résultat curieux d'une proximité étroite des f. e. m. concernant les iodures alcalins et alcalino-terreux à saturation. Tant pour les cathions monovalents Li^+, Na^+, K^+ et Am^+ que pour les cathions bivalents Ca^{++}, Sr^{++} et Ba^{++}, la confrontation Ag — Pt fournit une force électromotrice de l'ordre de 3/4 de volt. Les cathions bivalents Zn^{++} et Cd^{++} fournissent, également à la saturation, des valeurs nettement inférieures, assez voisines entre elles. Les chiffres expérimentaux ont été groupés dans le tableau ci-dessous.

Soluté à saturation	1Zi.	1Na.	1K.	1Am.	I^2Ca.	I^2Sr.	I^2Ba.	I^2Zn.	I^2Cd.
F. e. m. (en volts) pour la confrontation argent-platine	0,73	0,75	0,73	0,75	0,74	0,74	0,74	0,66	0,63

Pour les iodures alcalins et alcalino-terreux à saturation, l'analogie

---

(1) Séance du 5 décembre 1938.

(2) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1623.

approximative des résultats (que n'affecte même pas l'inégalité de valence des deux espèces de cathions) est interprétable par une certaine ressemblance dans la structure des solutions, dans le cadre de conceptions actuellement envisagées par des expérimentateurs, tels que Kendall ([3]), Stewart ([4]), Danilow et Neumark ([5]). L'électrostatique des unes et des autres de ces solutions serait conditionnée dans une mesure voisine par la constitution électronique de l'anion I^-, d'intervention prédominante à l'égard de celle du cathion associé. Dans les iodures de zinc et de cadmium, la contribution électrostatique des cathions, plus importante que dans les iodures précédents, s'exercerait en sens contraire de celle des anions I^-, et dans les deux cas avec une parenté d'effets à rapprocher de toutes celles déjà connues des chimies du zinc et du cadmium.

L'interprétation est encore susceptible d'être prolongée aux solubilités, grandeurs en connexion évidente avec les f. e. m. de saturation ici mesurées. Notamment, et en dépit de leur inégalité effective, les solubilités des iodures alcalins et alcalino-terreux seraient à présumer, à leur tour, régies les unes et les autres dans une mesure approximativement commune par la constitution électronique de l'anion I^-.

D'ailleurs les observations faites ici sur l'iode à l'état d'ion monovalent libre ne valent plus si l'iode fait partie d'un autre anion : les f. e. m. observées à la saturation, quant à la confrontation argent-platine, sont alors sensiblement moins élevées que dans le premier cas. Par exemple, toujours à la saturation, l'iodate de potassium ne fournit que l'ordre du demi-volt, et le mercuritétraiodure de potassium l'ordre du dixième de volt. Une répercussion électrostatique de l'état de l'iode dans la molécule du soluté se trouve donc mise en évidence par les présents essais.

Piles à gélatine engageant le contact Ag—I. — L'importance relative des effets électrostatiques des anions I^- dans leur contact avec l'argent métallique se manifeste à propos d'autres piles, moins simples que les précédentes, faisant également intervenir ce contact. Par exemple, dans la pile Ag—IK sat—gélatine—Pt, laquelle fournit l'ordre de 0,6 volt, l'interversion des électrodes, supprimant le contact $Ag—I^-$, abaisse la f. e. m. à l'ordre du dixième de volt, l'argent étant au pôle négatif de chacun des deux systèmes.

([3]) *Trans. Farad. Soc.*, 33, 1937, p. 1.
([4]) *Ibid.*, 33, 1937, p. 238.
([5]) *Physik Z. Soviet Union*, 10, 1936, p. 673.

D'autre part, dans la pile à électrodes semblables Ag — IK sat — gélatine — Ag, qui fournit l'ordre du tiers de volt, c'est à l'électrode contiguë à l'iodure de potassium, marquant le pôle négatif, que les présomptions ici acquises, quant au contact $Ag — I^-$, conduisent à localiser le saut de potentiel prépondérant.

MAGNÉTISME. — *Sur la décomposition du moment élémentaire des ferromagnétiques et les phénomènes gyromagnétiques.* Note de M. **Robert Forrer**, transmise par M. Pierre Weiss.

J'ai montré (1) que le moment élémentaire des ferromagnétiques peut être considéré comme résultant de deux moments de provenance différente. Le premier, que j'ai appelé moment de base, est dû au spin des électrons solitaires, le second, que j'ai appelé moment supplémentaire, a été attribué à la rotation du sous-étage magnétique; il serait par conséquent de nature orbitale.

Cette décomposition en deux parties résultait de l'étude de la saturation absolue où, nécessairement, les deux parties ont la même orientation. On a, dans ce cas, immédiatement le rapport gyromagnétique $\rho(e/m)$ (2). Si le moment d'orbite est la fraction λ du moment total, on a $\rho(e/m) = 1 + \lambda$. Le rapport $\rho(e/m)$ ainsi calculé est une limite supérieure de ce que doit donner l'expérience gyromagnétique qui a toujours été faite dans des champs faibles. Si, en effet, comme on doit l'admettre par analogie avec les états spectraux, le moment orbital est couplé au moment de spin sous un certain angle, on ne doit prendre pour λ que le rapport de la composante du moment d'orbite parallèle au moment résultant, la composante perpendiculaire étant sans effet.

Le tableau suivant porte, pour quelques éléments et alliages, le moment total μ, les fractions μ_{spin}, due au spin, et μ_{orb}, due à l'orbite, déduites de la discussion des moments, la limite supérieure de $\rho(e/m)$ calculée avec ces données et dans les deux dernières colonnes les coefficients observés par Barnett (3) dans l'effet Barnett, B (aimantation par rotation) et par le même

(1) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1091.

(2) Si ρ est le rapport du moment cinétique au moment magnétique, on a, dans le cas du spin $\rho = (m/e)$, dans le cas de l'orbite $\rho = (2m/e)$ et dans le cas général $\rho = (2/g)(m/e)$, où g est le facteur de Landé. La grandeur du phénomène gyromagnétique est donc repérée au moyen du nombre $\rho(e/m)$.

(3) Barnett, *Rev. Mod. Phys.*, 7, 1935, p. 129.

auteur dans l'effet Einstein et de Haas, E. et H. (rotation par aimantation).

Substance.	Moments en magnétons de Weiss. μ.	μ_{spin}.	μ_{orb}.	$\rho(e/m)$. lim calc.	$\rho(e/m)$ observé. B.	E. et H.
Fer électrolytique II...	11	10	1	1,091	1,080	1,031
Fer Armco..........	11	10	1	1,091	1,024	1,031
Cobalt II...........	8,5	7,5	1	1,117	1,091	1,096
Nickel I............	3	2,5	0,5	1,166	1,034	1,05
Fe^3Ni (Hopkinson)...	10,5	10	0,5	1,047	1,016	1,015
CoNi (Bloch)........	6	5	1	1,166	1,074	1,087
$FeNi^4$ (Permalloy)...	5,2	4,5	0,7	1,135	1,046	1,043

Aucune valeur donnée par l'expérience n'est supérieure à la limite calculée. La limite supérieure est presque atteinte pour le fer électrolytique dans l'effet Barnett et pour le cobalt dans les deux effets. Les autres effets observés sont inférieurs à la limite. Mais il paraît significatif que l'excès de $\rho(e/m)$ sur l'unité soit petit, précisément là (Fe^3Ni) où le calcul donne une faible valeur pour la limite.

La conception du couplage spin-orbite peut d'ailleurs donner une explication plausible pour la loi d'approche empirique de P. Weiss (4)

$$\sigma_H = \sigma_\infty \left(1 - \frac{a}{H}\right)$$

qui se heurtait à cette difficulté qu'un moment écarté de la direction du champ par un couple fini donne une loi d'approche du second ordre en $1/H$.

Les champs faibles n'orientent que la résultante des moments de spin et d'orbite. Les champs intenses par contre rapprochent le moment orbital du moment de spin. Si les deux moments se repoussent en raison inverse de leur écart angulaire, il en résulte, comme P. Weiss l'a montré (5), la loi d'approche du premier ordre.

(4) *J. de Phys.*, 9, 1910, p. 373.
(5) Rapp. Conseil Solvay, *Sur le magnétisme*, 1932, p. 316.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Sur l'identification des chocs d'Hoffmann avec les gerbes d'électrons produites par les rayons cosmiques.* Note de M. **Alexandre Dauvillier**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous avons montré (¹) que les chocs d'Hoffmann n'étaient pas dus à une forme accidentelle de la décharge électrique dans les gaz, comme on l'avait suggéré, mais qu'ils représentaient bien la mise en liberté instantanée d'un très grand nombre d'ions (jusqu'à 10^8) sous l'influence du rayonnement cosmique. Il restait à démontrer que ce phénomène s'identifiait avec les gerbes d'électrons positifs et négatifs décelées par les compteurs et les chambres de Wilson.

Nous avons, pour cela, disposé sous un écran gerbigène une chambre d'ionisation très sensible entourée par trois compteurs disposés en triangle et montés en coïncidence et avons comparé la simultanéité des réponses des deux appareils.

La chambre d'ionisation (²) comporte un récipient cylindrique en duralumin ($d = 10^{cm}$, $l = 30^{cm}$), contenant 200^l d'argon pur sous la pression de 90^{atm} (³). Le gaz peut être purifié *in situ* par un petit four à calcium de Soddy. L'électrode axiale est portée par un bouchon rodé en silice fondue et est munie d'un anneau de garde. Le système de mesure comprend deux lampes électromètres montées en pont (Wynn-Williams) dont les résistances de fuite de grille (résistances White) sont de $1,2.10^{12}$ ohms. Tout cet ensemble est disposé dans un carter métallique évacué porté par la chambre à haute pression. En utilisant comme appareil de mesure un galvanomètre Ayrton-Mather de faible inertie, de constante $0,5.10^{-9}$ A, la sensibilité est de trois divisions par millivolt. Elle est telle que le rayonnement γ du potassium provenant de 1^{kg} de ClO^3K, traversant les 6 mM de duralumin constituant la paroi de la chambre, provoque une déviation de 350 *d*. L'appareil fonctionne en variomètre; l'ionisation due au rayonnement cosmique provoquerait une élongation de 2000 *d*.

Les trois compteurs entourant la chambre ont chacun une surface utile de 36^{cm^2}. Ils possèdent une cathode en graphite réduisant leur sensibilité aux rayons γ et sont remplis d'un mélange d'hydrogène et d'argon purs

(¹) A. Dauvillier et A. Rogozinsky, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 143.

(²) A. Dauvillier, *Bull. Astron.*, 10, 1937, p. 123-138.

(³) Nous devons ce gaz pur à M. G. Claude.

sous la pression de 8^{cm} de mercure. S'allumant à 450 V, ils présentent un palier s'étendant de 500 à 700 V. Leur fréquence est alors de 80 coups par minute. Associés en coïncidence triple, selon le montage de Neher-Harper, ils accusent 1,8 coïncidence à l'heure, due aux gerbes issues de l'atmosphère et aux coïncidences fortuites.

Les expériences ont d'abord été faites en 1937 avec la chambre d'ionisation remplie d'azote, sous la pression de 100^{atm}, avec des écrans gerbigènes (50^{kg}) de carbone, d'eau (O^2), d'aluminium (4), de zinc et de plomb. 54 coïncidences rigoureuses ont été constatées entre le bref signal sonore déclenché par les compteurs et le brusque départ du spot du galvanomètre (période $1/5^e$ sec.). Les chocs d'Hoffmann avaient une élongation *moyenne* de 47 divisions (20 à 230 *d*), sensiblement indépendante de la nature de l'écran. Les compteurs décelant de très petites gerbes, formées d'au moins trois trajectoires simultanées, la plus grande partie des coïncidences triples ne s'accompagnent pas de choc galvanométrique appréciable. Par contre tout choc d'Hoffmann est accompagné d'une coïncidence triple.

Les expériences ont été reprises en 1938, la chambre était remplie d'argon pur. 90 coïncidences ont été observées, l'élongation moyenne (233*d*) étant devenue cinq fois plus grande. Ce rapport est aussi celui des sensibilités pour le rayonnement cosmique dans l'azote et dans l'argon comprimés. L'amplitude des petits chocs est limitée par la fluctuation (5) propre du rayonnement. 10 chocs ont *excédé* 500*d*, soit une production instantanée dépassant 25.10^6 paires d'ions, correspondant à une dépense d'énergie de $0,4.10^9$ eV.

36 enregistrements ont également été effectués en photographiant simultanément le spot du galvanomètre et un éclair produit par une lampe au néon allumée par les compteurs, mais la simultanéité ainsi appréciée est beaucoup moins rigoureuse que par l'observation visuelle, par suite de la faible avance horaire (15 mM) du papier photographique. Ces enregistrements ont surtout montré l'étendue de la fluctuation et prouvé la rareté des chocs (5 à 6 par 24 heures).

La statistique de ces chocs montre que ceux-ci décroissent rapidement d'une manière régulière et continue depuis la fluctuation spontanée jusqu'aux plus grandes valeurs observables.

---

(4) Aluminium à 99,8 pour 100; zinc à 99,97 pour 100.

(5) La fluctuation est de $\pm 1 d$, le vide étant fait dans la chambre; de $\pm 10 d$ dans l'azote et de $\pm 50 d$ dans l'argon comprimés.

PHOTOMÉTRIE PHOTOGRAPHIQUE. — *Remarques sur les courbes de noircissement des plaques dans la région de sous-exposition.* Note (1) de M. TIEN KIU, présentée par M. Charles Fabry.

I. On cherche généralement à utiliser en photométrie photographique la *région d'exposition normale* des plaques où la courbe de noircissement, tracée en portant en ordonnées les densités, en abscisses les logarithmes des éclairements (ou des temps de pose), est sensiblement rectiligne. Le contraste demeure alors invariable et sa valeur est la plus grande possible. Mais, dans l'étude des sources faibles, il peut être difficile d'atteindre la région d'exposition normale avec les durées de pose réalisables, et l'on peut ainsi être contraint d'utiliser la région de sous-exposition. Le cas se présente souvent, en astrophysique notamment. De ce point de vue, j'ai cherché à étudier la courbe de noircissement à temps de pose variable des plaques sous-exposées.

II. La source utilisée est un diffuseur de plâtre éclairé par un arc au mercure dont le régime est contrôlé par un ampèremètre. Elle éclaire la fente d'un spectrographe à 2 prismes de flint. On fait, sur une même plaque, une série de poses de durées croissantes. Comme le contraste est faible, il importe de mesurer les densités avec précision. Les microphotomètres à thermo-élément ou à cellule photoélectrique permettent justement de mesurer avec précision les faibles densités. Je me suis servi d'un microphotomètre enregistreur de Moll, qui permet de mesurer les densités inférieures à 1 à 0,008 près et les densités inférieures à 0,4 à 0,002 près (2).

Soient d l'élongation sur la courbe d'enregistrement à partir de la ligne d'obscurité, V l'élongation correspondant au voile de fond, légèrement variable d'un bord à l'autre de la plaque (3). La densité D au-dessus du voile de fond est visiblement

$$D = -(\log d - \log V) \quad (4).$$

III. Les résultats représentés sur la figure ci-contre se rapportent à

(1) Séance du 12 décembre 1938.

(2) TIEN KIU, *Publications de l'Observatoire de Lyon*, 2, 1938, p. 189.

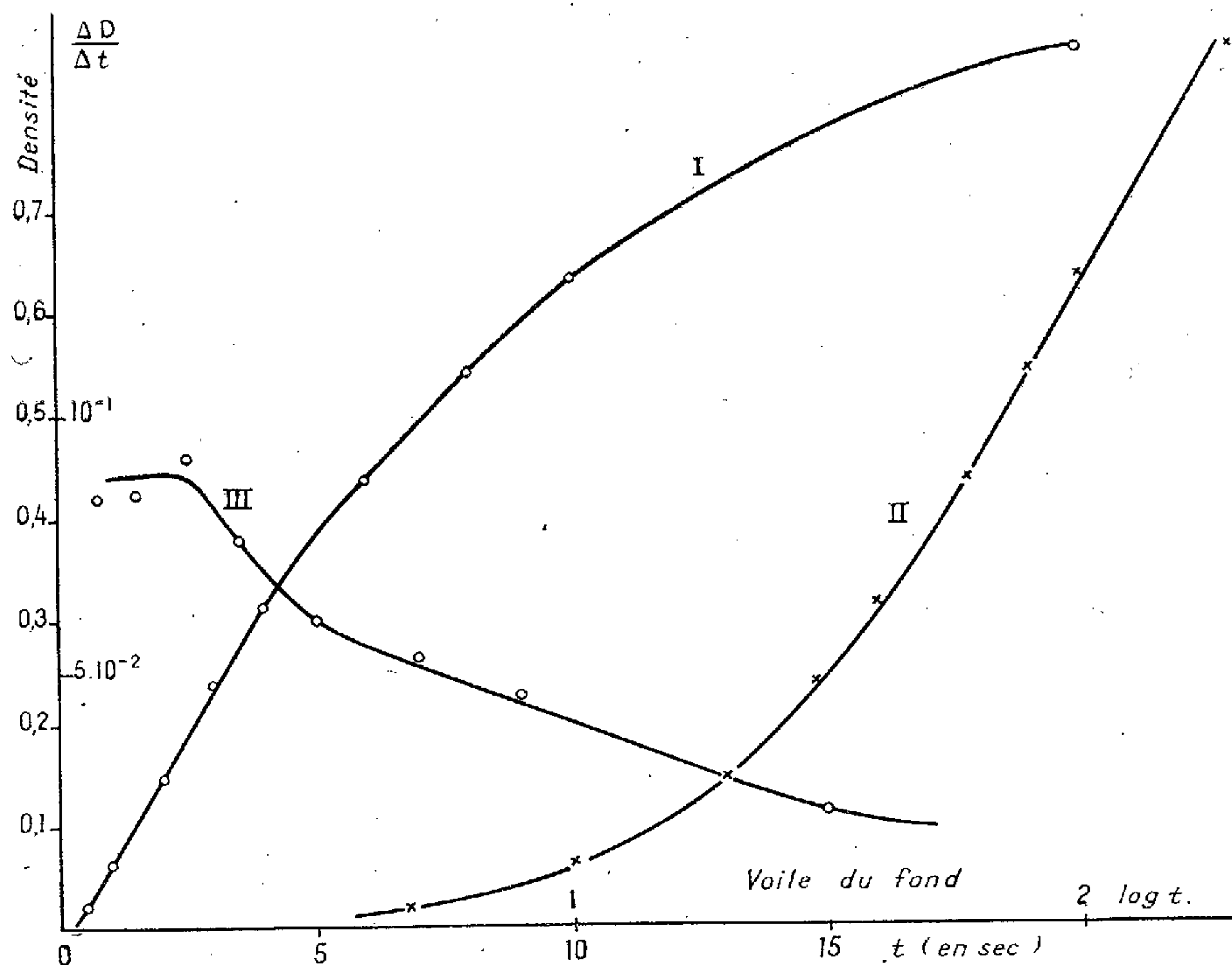
(3) Les variations mesurées ici sont de quelques millièmes en densité, la densité augmentant légèrement vers les bords de la plaque.

(4) TIEN KIU, *loc. cit.*, p. 187.

une plaque panchromatique Lumière impressionnée par la raie 4047 Å du mercure et développée pendant 2 minutes dans un révélateur au génol-hydroquinone.

Les ordonnées des courbes I et II sont les densités D; les abscisses de la courbe I sont les temps de pose t, celles de la courbes II les logarithmes des temps de pose. Enfin la courbe III représente, en fonction de t, les variations de la pente moyenne $\Delta t/t$ entre deux points consécutifs de la courbe I.

On voit qu'immédiatement au-dessus du voile de fond, la courbe I présente un segment à peu près rectiligne. *Dans la région de sous-exposition, il est donc plus avantageux de porter en abscisses le temps de pose plutôt que son logarithme.* Le graphique obtenu se prête beaucoup mieux à l'interpo-



lation exigée par la photométrie photographique. Cette interpolation est d'ailleurs susceptible d'une bonne précision : à une erreur de 0,002 sur la densité correspondrait en effet sur la courbe I, pour $t = 3$ secondes, une erreur relative $\Delta t/t = 1/120$ environ.

On remarque enfin que la courbe I ne passe pas exactement par l'origine des coordonnées. Ce résultat paraît conforme à l'hypothèse de Reindre et

Hamburger, d'après laquelle l'image latente ne commence à se former que lorsque 3 ou 4 quanta ont été reçus par le même germe sensible ([5]).

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur deux exemples différents de non-additivité des effets photoélectriques de flux lumineux simultanés.* Note ([1]) de M. GEORGES LIANDRAT, transmise par M. Jean Perrin.

Lorsque l'on fait agir, sur une cellule photoconductrice au sélénium, un flux lumineux dont l'intensité est modulée entre O et φ, puis que l'on amplifie et mesure la partie alternative i du courant, on peut tracer une courbe $i(\varphi)$ que nous allons appeler la caractéristique de régime modulé pur, relative à une certaine différence de potentiel appliquée De même que la catactéristique de régime continu, elle est incurvée vers le bas, mais elle l'est d'autant moins que la fréquence de modulation s'élève davantage dans le domaine des fréquences musicales. Si maintenant l'on superpose au flux modulé faible φ, un flux continu Φ intense, les ordonnées de la courbe $i(\varphi)$ sont *multipliées* par un facteur qui est fonction croissante du flux surajouté Φ. Ce phénomène a été signalé par Schönwald ([2]); j'en ai voulu vérifier la généralité.

J'ai étudié dans ce but le comportement d'une cellule au *thallofide*, substance artificielle dont la composition est celle d'un oxysulfure de thallium et qui possède des propriétés photoconductrices à tous égards comparables à celles du sélénium. Lorsque l'on fait progressivement croître le flux Φ, les ordonnées de la courbe $i(\varphi)$ *s'abaissent* jusqu'au quart environ de leur valeur normale; puis elles *remontent* si l'on continue à faire croître Φ. Cela paraît indiquer la superposition de deux effets de sens opposés qu'il faut essayer de modifier séparément.

L'interposition d'une cuve d'eau sur le trajet du flux Φ fait reculer légèrement le second phénomène. Un courant d'air frais, dirigé sur l'enveloppe de la cellule, agit plus nettement, dans le même sens. Il n'est pas possible d'interposer un filtre opaque au rayonnement du proche infrarouge, parce que la substance sensible est enfermée déjà dans une ampoule de verre rouge qui la protège contre l'action destructive que la

---

([5]) W. REIMER et L. HAMBURGER, *Zeitschrift für wissenschaft Photographie*, 31, 1932, p. 32, 53 et 265.

([1]) Séance du 5 décembre 1938.

([2]) B. SCHÖNWALD, *Ann. der Phys.*, 15, 1932, p, 419.

plus grande partie du spectre visible exercerait sur ses propriétés : la superposition de deux filtres plus ou moins complémentaires n'aboutit qu'à la disparition de l'ensemble des phénomènes que l'on désire observer. J'ai alors introduit l'ampoule dans un manchon percé d'une fenêtre et rempli d'eau chaude, et constaté que pour chaque valeur de φ, l'ordonnée i de la caractéristique de régime modulé pur est une fonction croissante, bien définie, de la température; elle est à peu près doublée lorsque l'on passe de 20 à 70°C.

Ne trouvant aucune mention de faits semblables dans le mémoire de Schönwald, j'ai repris ces essais avec une cellule au sélénium : l'effet du flux surajouté est bien *opposé* à celui que j'observe avec le thallofide et, d'autre part, il semble simple; l'influence de la température sur la cellule au sélénium est négligeable dans le domaine où elle est importante avec le second semi-conducteur photo sensible.

On peut essayer de partir de l'hypothèse suivante : en dépit des phénomènes *secondaires* ou prétendus tels, le comportement du photoconducteur en régime variable peut être prévu très simplement à partir de la loi de recombinaison, loi que l'on peut déduire de la forme parabolique de la caractéristique statique. On se trouve en présence d'une équation différentielle non linéaire, avec second membre périodique simple; on en calcule, par approximations successives, une solution approchée dont les termes forment une série de Fourier.

L'influence du flux surajouté Φ apparaît alors comme conséquence de la non-linéarité : elle est de sens négatif, mais faible, et par conséquent, n'explique ni l'un ni l'autre des effets ci-dessus. On est donc obligé d'admettre que, sous l'action du flux intense, il apparaît dans le réseau des centres excités en nombre tel que ses propriétés optiques (absorption) ou électroniques (facilité de recombinaison) en sont profondément modifiées. Si cette hypothèse pouvait être précisée autant qu'elle l'a été dans le cas des halogénures alcalins, le problème du comportement photoélectrique du sélénium se rapprocherait peut-être de sa solution, et l'on aperçoit le rôle que pourrait jouer l'utilisation systématique du phénomène de Schönwald dans la détermination des bandes de niveaux d'excitation, car rien n'empêcherait de faire varier *séparément* les positions spectrales des deux flux superposés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Diagramme permettant la représentation graphique de la composition des systèmes multaires, comme celle des alliages légers.* Note (¹) de M. Carl Benedicks, présentée par M. Jean Perrin.

1. On ressent dans la métallographie le besoin pratique de représenter graphiquement des compositions multaires. L'emploi pour les systèmes ternaires d'un triangle, pour les systèmes quaternaires d'une pyramide (tétraèdre) est bien connu. Lorsqu'il s'agit de plus de quatre componants, on n'a guère eu à disposition que la *méthode des colonnes*, qui se sert d'un nombre de longueurs, tracées le long d'un axe et marquées différemment (²).

Afin de pouvoir représenter les compositions très compliquées des alliages légers, je me sers avec avantage de la méthode suivante (³).

2. On trace dans un plan un demi-cercle (*fig.* 1), contenant un nombre

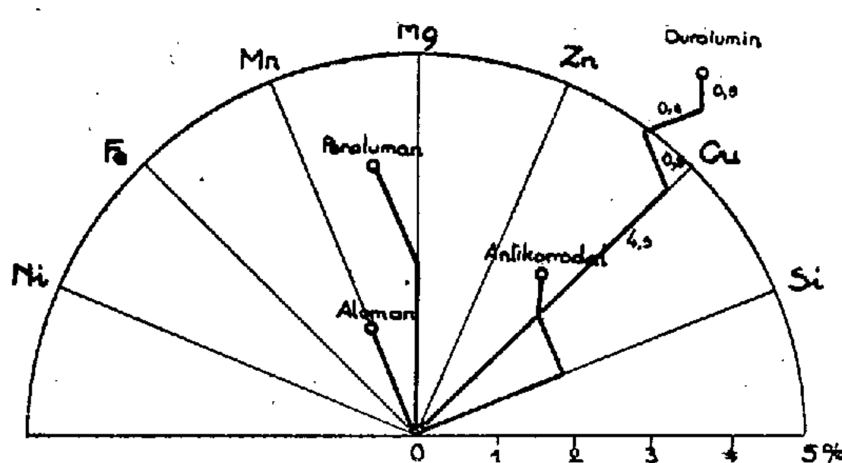


Fig. 1.

de *rayons, dont les directions sont faciles à distinguer.* Il en est ainsi si les deux quadrants ont été divisés en quatre parties égales, ce qui donne neuf rayons différents. Le long d'un des rayons se trouve une *échelle de composition* (ici linéaire).

A chaque rayon on assigne la signification de la teneur d'un composant donné, convenablement dans l'ordre adopté dans les analyses; pour l'aluminium : Si, Cu, Zn, Mg, Mn, Fe, Ni.

Chaque vecteur parallèle à un rayon donné indique l'espèce et la teneur

(¹) Séance du 24 octobre 1938.

(²) Voir par exemple C. Benedicks, *Recherches physiques et physicochimiques sur l'acier au carbone, Thèse*, Upsala, 1904, p. 112.

(³) C. Benedicks, *Verdandis småskrifter*, nº 411. Stockholm, 1938, p. 32.

d'un composant, de la même manière qu'une longueur du rayon (-vecteur) lui-même.

3. A titre d'exemple représentons dans ce diagramme vectoriel la composition de quelques alliages légers.

Al pur est représenté par *l'origine* (centre du cercle).

Un *alliage binaire* est mis en évidence par un point situé *sur un des rayons.* Ainsi *Aluman*, alliage qui, sauf Al, ne contient que 1,5 % Mn, correspond à un point du rayon Mn.

Un *alliage ternaire* est représenté par l'ensemble d'un rayon-vecteur et d'un autre vecteur, parallèle à un des rayons, tous les deux mesurés selon l'échelle. L'alliage ternaire *peraluman*, contenant 2,2 % Mg et 1,4 % Mn, illustre ce cas.

Celui d'un *alliage quaternaire* est donné par une suite de vecteurs, composée par un rayon-vecteur et deux autres vecteurs. Exemple : *anticorrodal*, à 2 % Si, 0,7 % Mn, 0,65 % Mg.

Un alliage à *cinq composants* est localisé par la suite d'un rayon-vecteur et *trois* autres vecteurs. Voir *duralumin* à 4,5 % Cu, 0.8 % Mn, 0,6 % Si et 0,5 % Mg (¹).

Cette méthode a l'avantage considérable (sur la *méthode des colonnes*, ainsi que sur un tableau) qu'on a la liberté d'indiquer les différentes teneurs *dans l'ordre de leurs grandeurs décroissantes.* Si, dans un cas donné, on préfère un autre ordre, ceci est également permis : *la situation du point final* (la *somme des vecteurs*) *est indépendante,* on le sait, *de l'ordre donné aux vecteurs.*

Lorsqu'on désire lire la composition correspondant à un point donné du diagramme, il faut d'abord suivre qualitativement la suite des vecteurs jusqu'à l'origine; ensuite on lira les teneurs successives.

Faisons remarquer qu'un point du diagramme n'a de sens univoque que si la suite des vecteurs qui y conduisent est nettement indiquée.

4. Dans la pratique, une *échelle logarithmique* est à recommander, comme celle de la figure 2, qui permet l'indication de 0,1-100 pour 100. Le point Al, par conséquent, n'y signifie qu'un aluminium dont les teneurs individuelles des différents éléments ne surpassent par 0,1 pour 100. Pour une précision plus grande, on n'a qu'à ajouter encore un module, ce qui donnera l'échelle 0,01-100 pour 100.

On pourra assigner aux vecteurs d'une direction donnée n'importe quelle grandeur numérique. Ainsi, dans la figure 2, le rayon horizontal à

(¹) La longueur de chaque vecteur pourra être indiquée par un nombre, comme, dans ce cas le montre la figure 1.

gauche est employé pour les valeurs (limites) du nombre de dureté Brinell (H_B), selon une échelle linéaire.

La figure 2 donne un aperçu des types d'alliage d'aluminium les plus connus.

Le diagramme satisfait à la classification ordinaire de ces alliages, *d'après l'addition la plus importante*.

Ainsi la principale teneur de tous les alliages Al-Cu se trouve sur l'axe Cu. Ici se

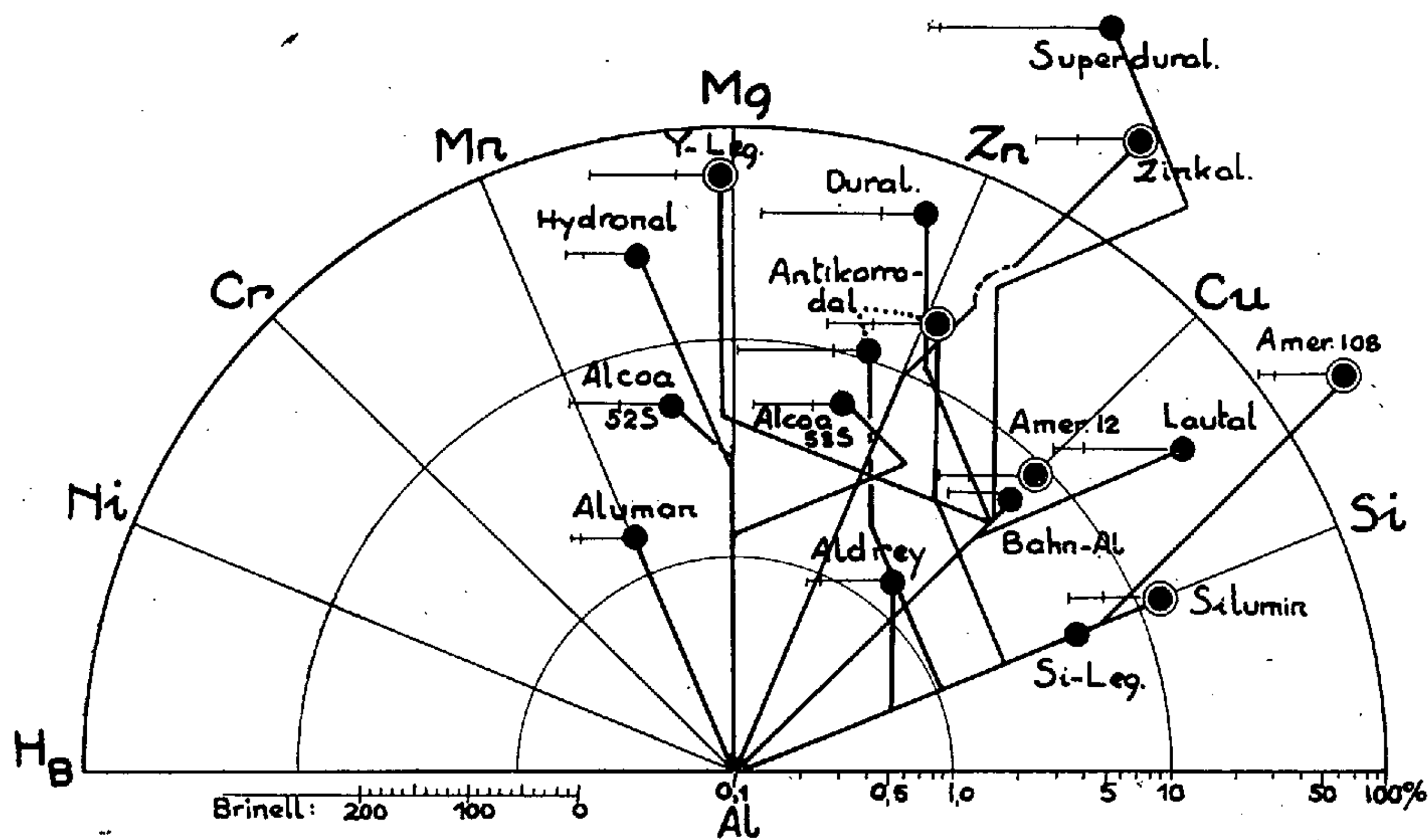


Fig. 2.

voit l'*alliage américain* 12 à seulement 8 pour 100 Cu (point amér. 12). (Cercle extérieur indique alliage de fonderie.) Tout près se trouve un alliage (forgé) à 6 pour 100 Cu (Bahn-Al). L'alliage Al-Cu Lautal est caractérisé par *un* vecteur additionnel, correspondant à 1 pour 100 Si. Deux vecteurs additionnels caractérisent *duralumin* (Mn, Mg) et aussi *alliage* Y (Ni, Mg; Y-Leg.). Trois vecteurs additionnels : *Superduralumin* (Mg, Si, Mn).

Le diagramme donne un aperçu qui pourra être d'une considérable utilité.

5. Le fait que ce diagramme met à profit des extensions dans 9 différentes directions du plan, c'est-à-dire *possède* 9 *dimensions*, pourra surprendre, puisqu'on dit que le plan ne *possède que* 2 *dimensions*. Cette question mérite une étude spéciale.

PHYSICOCHIMIE. — *Contribution à l'étude des octanes.* Note de M. **André Maman**, présentée par M. Aimé Cotton.

En vue de la détermination rapide (Raman, infrarouge) de la structure moléculaire des carbures d'hydrogène, constituants possibles des essences, nous avons préparé synthétiquement, en plus de dix octanes qui ont fait l'objet d'une précédente Note (¹), cinq autres isomères dont voici quelques caractéristiques physicochimiques.

	Densités $D_4^{20°}$.	T. C. S. aniline.	Indices de réfraction pour λ (Å). 5890.	5460.	4360.
2.2-Diméthylhexane	0,7070	71°,3	1,39678	1,39845	1,40556
2.2.3-Triméthylpentane	0,7130	68,3	1,40224	1,40389	1,41112
2.2.4-Triméthylpentane	0,7083	73,4	1,39271	1,39441	1,40159
2.3.4-Triméthylpentane	0,7125	69,2	1,39615	1,39786	1,40500
2.2.3.3-Tétraméthylbutane	0,7167	74,8	1,39455	1,39621	1,40345

	Dispersions de réfraction. 5890-5460.	5890-4360.	Températures d'apparition du CO dans les produits de la combustion.
2.2-Diméthylhexane	$23,6.10^{-4}$	$124,1.10^{-4}$	331°
2.2.3-Triméthylpentane	23,1	124,5	445
2.2.4-Triméthylpentane	24	125,3	477
2.3.4-Triméthylpentane	24	124,2	440 (a)
2.2.3.3-Tétraméthylbutane	23,1	124,1	483

(a) 80 d'octane à 440°.

Les températures d'apparition de l'oxyde de carbone dans les produits de combustion sont intéressantes à connaître. En effet, on admet généralement qu'un carbure est d'autant moins détonant qu'il est plus résistant à l'oxydation et qu'il a une chaîne carbonée plus ramifiée : la comparaison des températures ci-dessus permet de préciser que la détonation est d'autant moins accentuée que deux carbones tertiaires se rapprochent dans la chaîne, et qu'elle disparaît lorsque la molécule contient deux carbones quaternaires (2-2-3-3 tétraméthylbutane) ou bien deux carbones, l'un ternaire, l'autre quaternaire (2-2-4, 2-2-3 triméthylpentanes) ou bien trois carbones tertiaires voisins (2-3-4 triméthylpentane). Ces températures d'apparition de CO sont valables seulement pour un ensemble de condi-

(¹) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 319.

tions opératoires déterminées, obtenues avec un appareil semblable à celui utilisé pour l'étude des hexanes ([2]).

Nous avons également mesuré les viscosités absolues de quelques isomères de l'octane, dans un intervalle restreint de températures (5° à 20° C.). Voici leurs valeurs en poises

	5°.	10°.	15°.	20°.
3-Éthylhexane	$0{,}5425.10^{-2}$	$0{,}5130.10^{-2}$	$0{,}4840.10^{-2}$	$0{,}4575.10^{-2}$
4-Méthylheptane	0,5640	0,5335	0,5050	0,4775
2.3-Méthyléthylpentane	0,5765	0,5435	0,5140	0,4870
2.4-Diméthylhexane	0,5800	0,5470	0,5175	0,4900
2.3.4-Triméthylpentane	0,5955	0,5600	0,5300	0,5020
3-Méthylheptane	0,6075	0,5700	0,5375	0,5085
2.5-Diméthylhexane	0,6100	0,5750	0,5415	0,5120
2-Méthylheptane	0,6120	0,5770	0,5480	0,5185
2.3-Diméthylhexane	0,6140	0,5800	0,5500	0,5200
2.2.4-Triméthylpentane	0,6205	0,5860	0,5540	0,5300
Octane normal	0,6585	0,6250	0,5905	0,5570
2.2-Diméthylhexane	0,6715	0,6350	0,5990	0,5650
2.2.3-Triméthylpentane	0,7200	0,6815	0,6485	0,6190
2.2.3.3-Tétraméthylbutane	0,7450	0,6985	0,6635	0,6340

D'après la théorie d'Andrade ([3]), il existe entre la viscosité η, la chaleur spécifique c à T° K et le volume spécifique V, une relation de la forme

$$\eta V^{\frac{1}{3}} = A e^{\frac{c}{VT}},$$

où A serait une constante indépendante de la nature du corps et de la température. Or, si l'on calcule ce coefficient pour l'octane normal et le 2.2.4-triméthylpentane, on le trouve voisin de 65.10^{-4}, dans l'intervalle + 5°, + 20° C.; mais, comme le montre le Tableau suivant, il décroît d'une façon continue quand la température augmente, et il n'est pas le même pour les deux carbures.

Températures absolues	278°.	283°.	288°.	293°.
A (Octane normal)	$73{,}6.10^{-4}$	$69{,}91.10^{-4}$	$66{,}22.10^{-4}$	$62{,}52.10^{-4}$
A (2.2.4-triméthylpentane)	69,04	65,37	61,96	59,33

Nous faisons pour les autres isomères la détermination de A jusqu'à 35° C. et celle des points de congélation respectifs.

([2]) A. MAMAN, *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, n° **66**, 1935.

([3]) *Phil. Mag.*, Sec. 7, **17**, n° **112**, Suppl. Febr. 1934, p. 497 et 698.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Relation entre la tension de vapeur, la viscosité et l'association moléculaire.* Note de M. **Emmanuel Lucatu**, présentée par M. Aimé Cotton.

Un liquide dont la viscosité (η) est grande possède une faible tension de vapeur (p) et inversement. Pour une variation de température qui produit une variation dp de la tension de vapeur, nous pouvons écrire la relation

$$dp = -\frac{\alpha p \, d\eta}{\eta},$$

où α est un coefficient dont nous préciserons plus loin la valeur. Par intégration on obtient $p\eta^{\alpha} = 10^{k}$, k étant une constante qui dépend de la constitution chimique du corps.

Nous avons vérifié graphiquement cette relation pour tous les liquides dont la viscosité est suffisamment connue, même au-dessus de la température normale d'ébullition, à savoir pour C^2H^5Br, CCl^4, CH^3OH, C^2H^5OH, $(C^2H^5)^2O$, $(CH^3)^2CO$, $CH^3CO^2CH^3$, C^6H^6, $C^6H^5CH^3$, C^6H^5F et C^6H^5Cl.

Une partie des résultats sont représentés dans la figure ci-après.

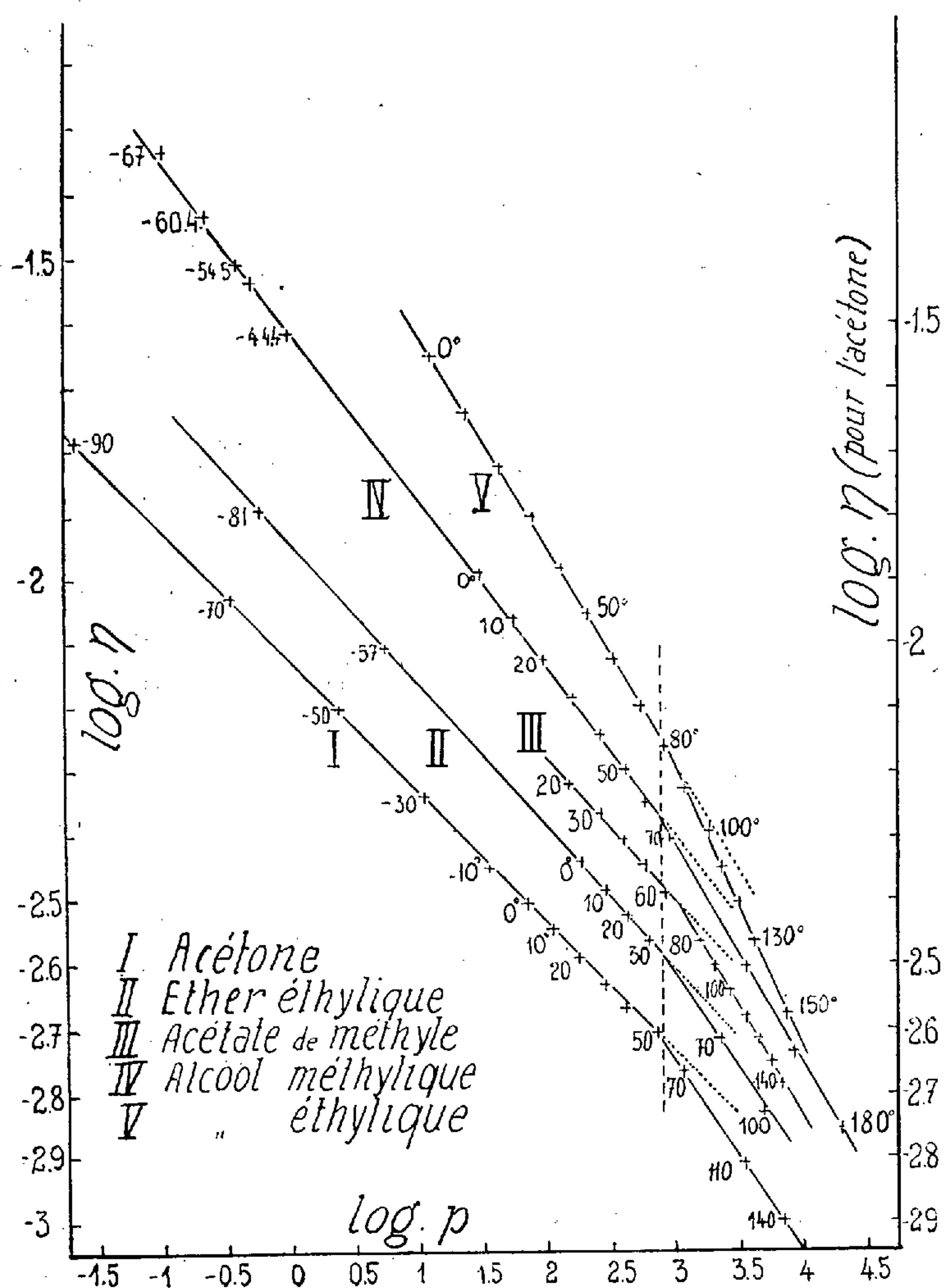
Une grande partie des valeurs expérimentales utilisées a été prise dans des Tables de Constantes. Nous avons utilisé surtout les résultats de A. Heydweiller (1), H. Kuhara (2), T. Titani (3) et P. C. Blokker (4), qui sont les seuls physiciens qui, pour les corps cités plus haut, aient mesuré la viscosité, pour un nombre suffisamment grand de points, *au-dessous et au-dessus des températures normales d'ébullition, en éliminant la pression atmosphérique.*

La représentation graphique logarithmique fournit pour chaque liquide *deux droites qui font un angle très marqué.* Remarquons que le point anguleux se trouve approximativement pour tous les liquides étudiés, à l'endroit correspondant à la tension de vapeur d'une atmosphère, quoique la viscosité ait été mesurée, comme nous l'avons déjà dit, en éliminant la pression atmosphérique.

Ce fait caractéristique nous sert à déterminer la région utile où le coeffi-

(1) *Ann. der Phys.*, 55, 1895, p. 561; 59, 1896, p. 193.
(2) *Journ. of the Tokio Chem. Soc.*, 50, 1923, p. 165.
(3) *Bull. Chem. Soc. Japan*, 2, 1927, p. 95.
(4) *Rec. trav. Chim. Pays-Bas*, 55, 1936, p. 170.

cient angulaire α distingue les liquides normaux des liquides à molécules associées.



Cependant il faut noter deux exceptions intéressantes. Pour le mercure, entre 0° et 360° C., on n'obtient pas une ligne droite, mais une hyperbole,

$$(\log \eta + 4,9244)(\log p + 74,5573) = 223,3243.$$

Les valeurs calculées au moyen de cette formule présentent vis-à-vis des valeurs expérimentales des écarts inférieurs à 1 pour 1000. Pour l'eau, entre $-9°$ et 300° C., on ne trouve également pas de droites, et on ne

remarque pas de particularités autour de 100° C. On trouve deux hyperboles,

$$(\log \eta + 4,605)(\log p + 5,412) = 17,352,$$
$$(\log \eta + 5,699)(\log p + 7,812) = 33,660;$$

qui se coupent vers 40° C., température pour laquelle Amagat avait déjà signalé un minimum de la compressibilité et récemment M. Magat, plusieurs autres anomalies.

Pour des tensions de vapeur inférieures à une atmosphère, nous avons constaté que le coefficient angulaire $\alpha = (\log p_2 - \log p_1)/(\log \eta_2 - \log \eta_1)$ a en général la même valeur 4,5 pour tous les liquides considérés comme *normaux*, par Ramsay-Shields (5) et Longinescu-Chaborski (6). Les liquides à molécules associées ont des α plus petits, par exemple $\alpha = 3,3$ pour l'ammoniaque, 2,8 pour l'alcool éthylique, 2,6 pour l'acide formique, etc.

Dans le cas de l'eau, le coefficient angulaire des tangentes aux différents points des deux hyperboles varie de 2,1 pour 0° C. à 4,5 pour 300° C. Il est donc à supposer que le degré d'association de l'eau diminue lorsque la température croît, l'eau devenant un liquide *normal* aux environs de 300° C.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'inflammation des mélanges gazeux par l'étincelle électrique : mélanges air-diéthyléther.* Note (1) de M. **Rodolphe Viallard**, présentée par M. Paul Langevin.

De nombreux expérimentateurs se sont proposé de déterminer l'énergie minimum nécessaire pour provoquer, au moyen d'une étincelle électrique, l'inflammation de mélanges gazeux. Malheureusement la grande variété des techniques expérimentales utilisées a conduit à un ensemble confus de résultats, bien souvent contradictoires (2). Il a paru utile de reprendre le problème dans de nouvelles conditions, sans préjuger de la valeur des

(5) *Zs. f. phys. Chem.*, 12, 1893, p. 443.
(6) *Bull. Chem. Soc. Roum. Sciences*, 33, 1927, p. 3.

(1) Séance du 12 décembre 1938.
(2) Un aperçu bibliographique de la question est donné dans *Combustion, Flames and Explosions of Gases*, par B. Lewis et G. von Elbe, Cambridge, 1938.

expériences antérieures, expériences généralement conçues en vue non des recherches théoriques mais des applications pratiques et parfois, semble-t-il, menées trop hâtivement.

Les premières expériences sont relatives à l'inflammation des mélanges *air-diéthyléther* par l'étincelle condensée. Le fait que l'inflammation d'un mélange gazeux par une source donnée ne soit possible qu'entre des limites de composition, dites *limites d'inflammabilité*, souligne l'importance de la composition du mélange lors de l'étude des processus d'inflammation. Divers auteurs ayant établi antérieurement l'existence d'une composition optimum, les expériences ont été conduites de façon à réaliser cet optimum. La technique, mise au point avec la collaboration de M. Roger Houet, sera détaillée dans une autre publication.

En principe, un tube à combustion muni de deux électrodes est rempli de mélange air-diéthyléther. Un condensateur de capacité connue est chargé sous une tension connue et déchargé à travers le mélange, qui s'enflamme si le voltage est suffisant. En faisant varier la tension, il est possible, pour un mélange donné, de modifier les caractéristiques de l'étincelle jusqu'à ce que le voltage atteigne une valeur minimum au-dessous de laquelle l'inflammation est impossible, quel que soit le nombre des expériences. La composition du mélange étant alors modifiée, le voltage minimum correspondant à cette nouvelle composition est déterminé. Pour une capacité donnée, l'ensemble des résultats ainsi obtenus se traduit par une courbe du type ci-contre (*fig.* 1). Par son minimum, cette courbe définit un *voltage critique* qu'il est relativement facile de déterminer avec une précision suffisante. Lorsque la capacité du circuit est modifiée, le voltage critique prend une nouvelle valeur. Contrairement à l'opinion exprimée par certains auteurs et implicitement admise par d'autres [3], le minimum d'énergie $1/2\,CV^2$ correspondant au voltage critique est essentiellement variable, et d'autant plus faible que ce voltage est plus élevé. Ce résultat, rapproché de résultats antérieurs de A. Langevin et P. Biquard [4], permet en particulier d'expliquer certaines des inflammations accidentelles provoquées par la manipulation de substances diélectriques en

---

[3] En France, A. Kling et A. Soulier, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1024.

[4] Ces auteurs ont établi que le frottement de substances diélectriques telles que les nitrocelluloses développe des quantités d'électricité importantes, susceptibles en particulier de produire des champs élevés, de l'ordre de *plusieurs dizaines de milliers de volts-cms*. Cf. A. Langevin et P. Biquard, *Mém. Poudres*, 26, 1934-1935, p. 355.

présence d'une atmosphère inflammable telle qu'en produit l'évaporation à l'air libre d'un solvant combustible.

La forme des électrodes, dont dépend la distribution du champ élec-

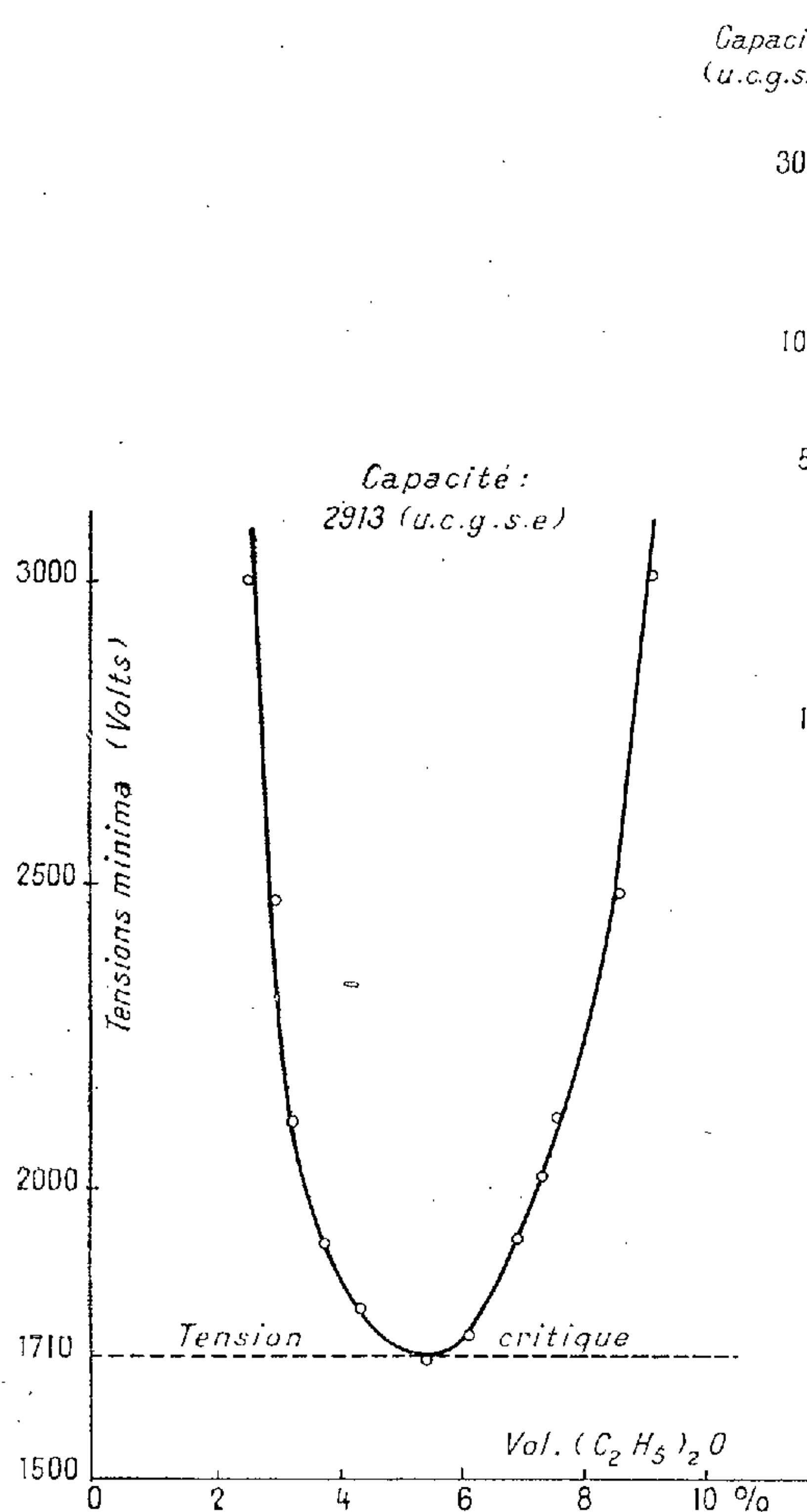


Fig. 1. — Variation de la tension minimum d'inflammation en fonction de la composition du mélange. (Capacité 2913 u. c. g. s. e.).

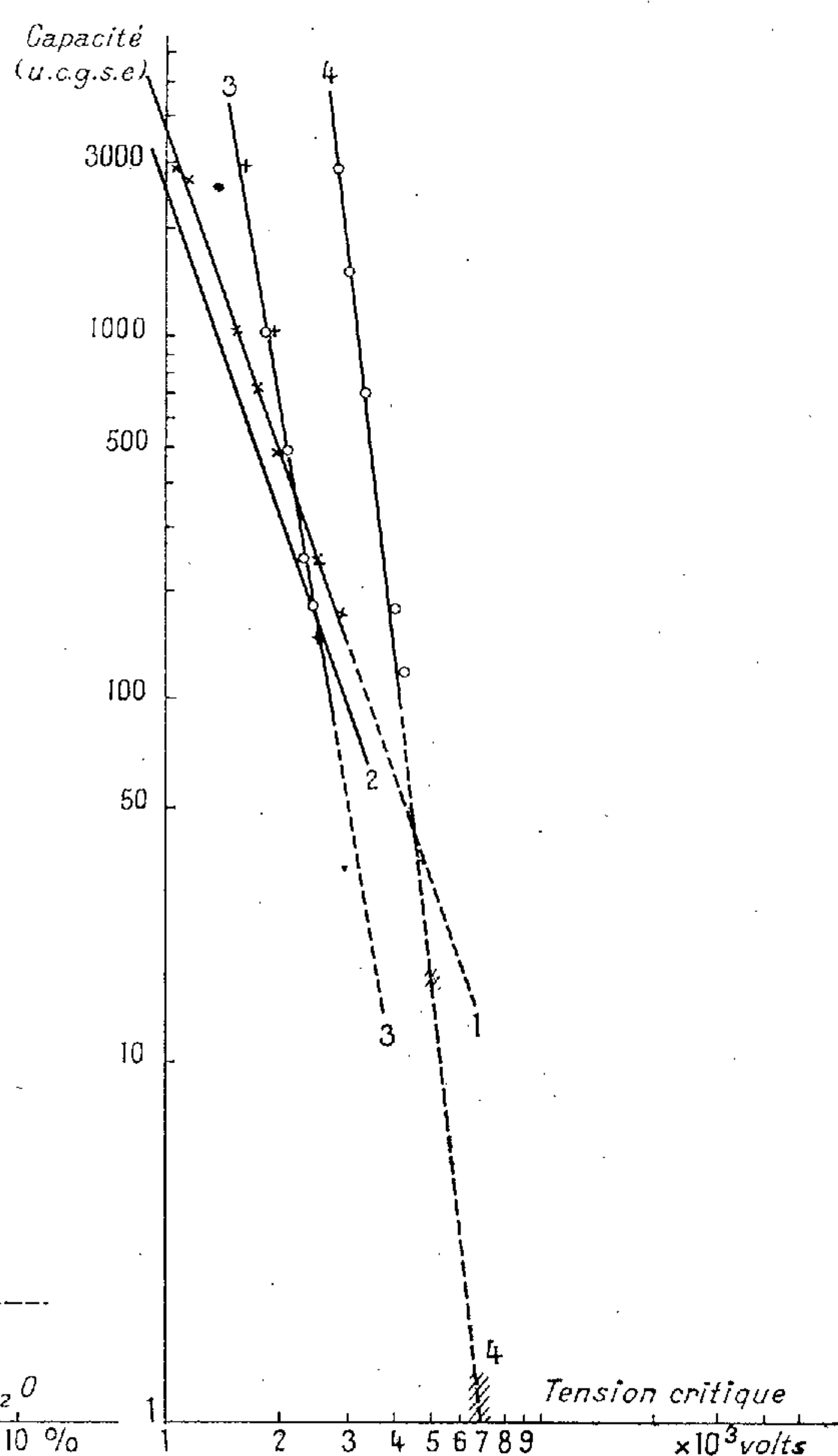


Fig. 2. — Caractéristiques des étincelles critiques. Étincelles produites entre : courbe 1, 2 pointes d'épingles; courbe 2, 2 pointes d'aiguilles fines; courbe 3, pointe d'épingle et boule (o), pointe d'épingle et plan (+); courbe 4, 2 boules ou 2 surfaces planes.

trique, joue également dans l'aspect quantitatif du phénomène un rôle très important, rôle particulièrement mis en relief par le tracé logarithmique des courbes de la figure 2. Celles-ci permettent d'établir entre les variables, capacité et voltage critique, des relations simples de

type $CV^x = \text{const.}$, avec $x = 3$, 6, 9, selon la forme des électrodes employées. Des expériences en cours ont pour but d'établir les limites d'extrapolation de ces lois et d'étudier leur généralité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le mécanisme de la fusion.* Note de M. **René Lucas**, présentée par M. Paul Langevin.

La présente Note a pour but d'analyser certaines conditions physiques accompagnant le mécanisme de la fusion franche. Le rôle particulier du module de rigidité a déjà été souligné par M. Brillouin (1). Sutherland (2) avait déduit de données expérimentales une relation empirique entre le module de rigidité μ, la température d'observation T et la température de fusion T_f

$$\mu = \mu_0 \left[1 - \left(\frac{T}{T_f} \right)^2 \right].$$

Cette loi permet non seulement de comprendre la très faible résistance du solide à une déformation par glissement près du point de fusion (M. Brillouin), mais encore de développer quelques points nouveaux qui sont les suivants.

I. La relation de Sutherland (ou toute loi pour laquelle μ tend vers zéro lorsque T tend vers T_f) montre que, lorsqu'on porte le solide à une température voisine de celle de fusion, on développe des tensions intérieures très importantes qui peuvent être de l'ordre des charges de rupture du solide.

Cette propriété se révèle par l'examen du terme de pression des ondes transversales d'agitation thermiques.

La relation suivante $p_t = \varepsilon_t \, (1/3 + \rho/V_t \; dV_t/d\rho)$ entre la pression p_t des ondes transversales, la densité d'énergie ε_t de ces ondes, de vitesse de phase V_t, (ρ densité), montre que p_t atteint des valeurs extrêmement grandes, et de manière extrêmement rapide lorsque T s'approche de T_f par valeur croissante

En effet on peut écrire, en prenant $V_t = \sqrt{\mu/\rho}$,

$$p_t = \varepsilon_t \left[-\frac{1}{6} + \frac{1}{2\chi\mu} \frac{d\mu}{dp_c} \right],$$

(1) M. Brillouin, *Ann. de Chimie et de Physique*, 7e série, **13**, 1898, p. 264; *Journal de Physique*. 6e série, **1**, 1920, p. 33.

(2) Sutherland, *Phil. Mag.*, 5e série, **32**, 1891, p. 31, 215, 524.

en désignant par χ la compressibilité adiabatique et par p_e la pression extérieure.

La dérivée $d\mu/dp_e$ (prise à entropie constante) reste finie lorsque μ tend vers zéro, comme on peut le montrer en admettant que la relation de Sutherland renferme implicitement la dépendance de μ avec p_e par l'intermédiaire de la température de fusion T_f.

A des termes du second ordre près on a, en effet,

$$\frac{d\mu}{dp_e} = \frac{d\mu}{dT_f}\,\frac{dT_f}{dp_e} = 2\mu_0\,\frac{T^2}{T_f^3}\,\frac{dT_f}{dp_e}$$

qui reste finie pour $T = T_f$, et finalement

$$p_t = \varepsilon_t\left[-\frac{1}{6} + \frac{1}{\chi}\,\frac{\dfrac{T^2}{T_f^3}}{1-\dfrac{T_2}{T_f^2}}\,\frac{dT_f}{dp_e}\right].$$

Si dT_f/dp_e est positif, le solide est soumis à des efforts internes tendant à le rompre par dilatation lorsque $T \to T_f$. Si dT_f/dp_e est négatif, il est soumis à l'équivalent d'une pression extérieure très élevée qui tend à le faire fondre ou à le rompre à la faveur de la moindre anisotropie. De toute façon les actions mécaniques sont dans un sens tel que si elles se produisaient seules le solide tendrait à fondre. Cette conséquence explique l'absence de retard à la fusion.

La distinction récente établie par L. Brillouin ([3]) entre un module macroscopique μ_M et un module microscopique μ_m renforce les conclusions précédentes. D'après cet auteur, en effet, la rigidité μ_m applicable aux ondes de fréquence élevée, voisine de la fréquence de Debye, resterait finie. La rigidité macroscopique μ_M, valable pour les fréquences peu élevées, tendrait vers zéro à la fusion.

Ce seraient donc les ondes de fréquences peu élevées qui joueraient le rôle essentiel pour fournir une pression p_t très grande alors que la contribution des ondes de fréquences voisines de la limite de Debye resterait modérée.

II. En réalité la fusion franche ne peut être considérée en toute rigueur que pour le cristal, et l'évaluation précédente serait un effet de moyenne. On peut déduire de 1° des raisons permettant de comprendre l'existence stable de microcristaux (ayant le volume de quelques mailles élémentaires)

([3]) *Phys. Review*, 54, 1938, p. 916.

à des températures supérieures à la température de fusion du cristal macroscopique.

En effet, lors de l'évaluation des pressions de radiation p_t du microcristal, on ne peut plus faire porter l'intégration relative à la densité d'énergie ε_t sur toutes les fréquences d'ondes comprises entre zéro et la fréquence maxima de Debye.

Les dimensions réduites du microcristal imposent *un seuil de fréquence minimum* d'autant plus élevé que le volume du microcristal est réduit. Cette circonstance a pour effet de diminuer de manière appréciable la valeur absolue de la pression intérieure p_t des ondes du microcristal. A titre d'ordre de grandeur la pression intérieure p_t du microcristal sera diminuée de $p_t(2/n^3)$, n^3 désignant le nombre de mailles élémentaires constituant le microcristal. Quel que soit le signe de $\partial T_f/dp_e$, cette circonstance permet à de très petits cristaux (de l'ordre de quelques mailles élémentaires) de présenter une température de fusion plus élevée de quelques degrés C. que celle du macrocristal, car les différences de pression peuvent porter sur quelques milliers d'atmosphères.

Ainsi se conçoit de manière simple la permanence, au sein du liquide, de microcristaux dont l'existence est fortement suggérée par divers phénomènes. La distinction faite par L. Brillouin s'accorde complètement avec cette conception, puisque $\mu_m > \mu_M$.

Bien entendu l'équilibre liquide-microcristaux, qui tend vers l'état *liquide parfait* par échauffement, pourra être plus ou moins complexe dans les cas assez nombreux de polymorphisme cristallin.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Solutions solides du sesquioxyde cubique de fer obtenues par oxydation de magnétites substituées.* Note [1] de MM. **Jacques Bénard** et **Georges Chaudron**, présentée par M. Charles Mauguin.

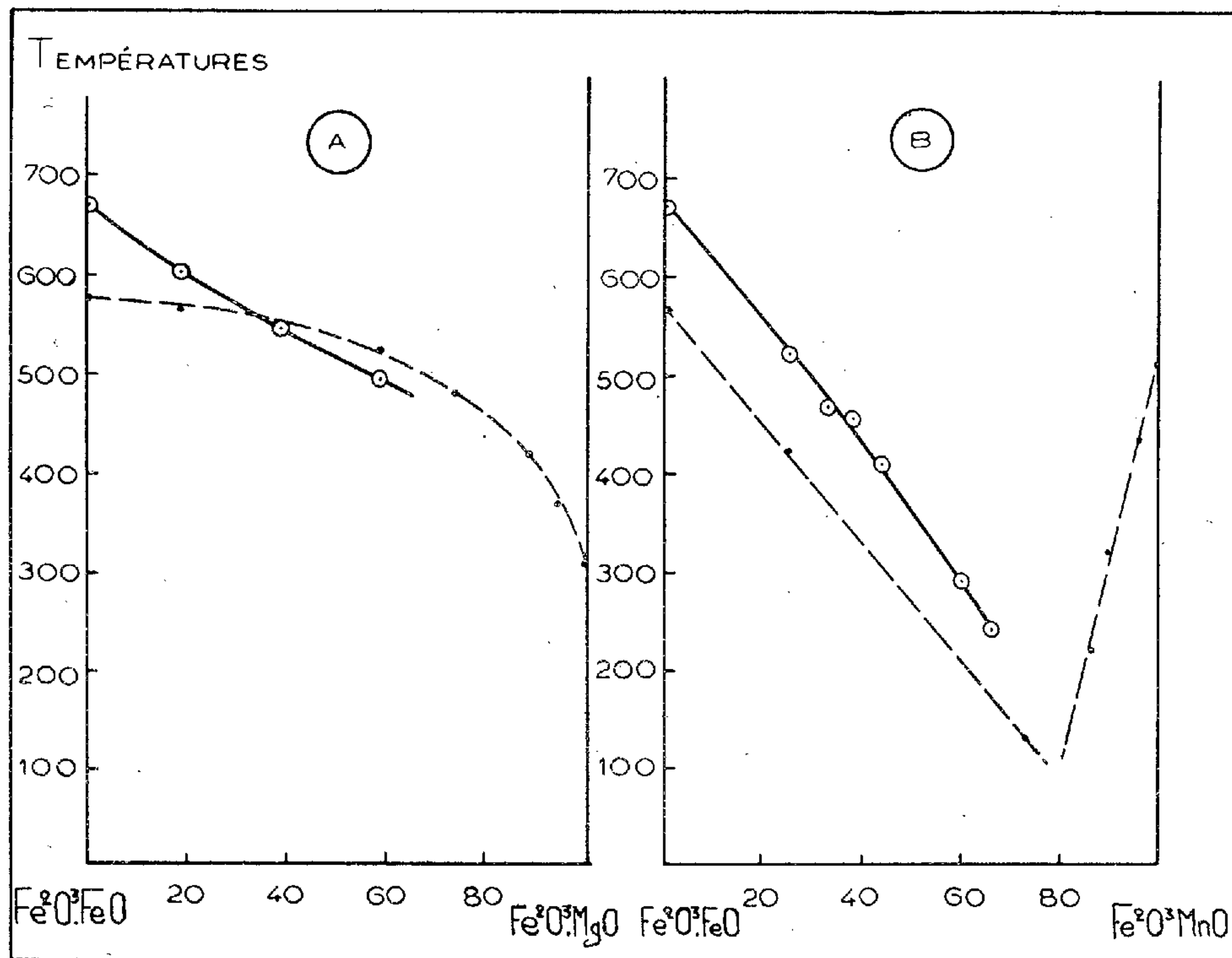
On sait que la magnétite peut fixer de l'oxygène en insertion dans son réseau en donnant naissance sans changement de structure à la variété cubique du sesquioxyde de fer ([2]). Nous avons montré ([3]) la possibilité

([1]) Séance du 12 décembre 1938.

([2]) Welo et Baudisch, *Phil. Mag.*, 50, 1925, p. 399, et Michel, *Thèse*, Paris, 1937, p. 104.

([3]) J. Bénard et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 766.

d'obtenir des magnétites substituées en remplaçant partiellement les ions ferreux de Fe^3O^4 par des ions métalliques bivalents (magnésium, manganèse, nickel et cobalt). Ces séries de solutions solides possèdent des points de Curie à des températures variables suivant la quantité d'ions étrangers qu'elles renferment (figure, courbes pointillées).



Points de Curie des magnétites substituées (— — —)
et des sesquioxydes cubiques substitués (———).

Nous montrons dans ce travail que l'on peut également oxyder ces magnétites substituées. La fixation de l'oxygène a lieu comme pour la magnétite pure sans changement de structure; elle donne naissance à du sesquioxyde de fer cubique dans lequel une partie du fer est remplacée par l'ion bivalent étranger. Cette substitution est mise en évidence par la variation du point de Curie du sesquioxyde cubique et par l'accroissement de sa stabilité. L'édifice cristallin d'un tel corps peut donc se déduire de l'édifice de la magnétite par une double opération :

a. Substitution partielle des ions Mg^{++} ou Mn^{++} aux ions Fe^{++}.

b. Insertion d'atomes d'oxygène dans le réseau de Fe^3O^4.

La quantité d'oxygène en insertion est déterminée par le nombre d'ions ferreux qui subsistent.

Nos expériences ont été conduites de la façon suivante :

Les magnétites substituées initiales sont préparées par mélange de la magnétite et des ferrites en proportions convenables et recuit sous vide vers 800°. La température du point de Curie est déterminée par l'analyse thermomagnétique et les paramètres cristallins par rayons X (Méthode de Debye-Scherer). Les cycles d'oxydation poussés jusqu'à des températures croissantes sont effectués dans l'analyseur thermomagnétique, ce qui permet de suivre toutes les étapes de la transformation.

Les premiers essais ont porté sur les magnétites substituées au magnésium. La température du point de Curie du sesquioxyde cubique diminue avec la teneur en magnésium jusqu'à 520° (voir la figure, courbe A). Pour les faibles teneurs en magnésium, l'oxydation est rapide à 500°; elle devient plus difficile pour les teneurs correspondant à une substitution comprise entre 1/3 et 2/3. Au delà, la température à laquelle on doit porter la magnétite substituée pour l'oxyder devient supérieure à la température limite de stabilité du sesquioxyde cubique : il n'est donc plus observé et l'on obtient directement le ferrite de magnésium.

L'oxydation des magnétites substituées au manganèse donne naissance à des solutions solides dont les points de Curie s'échelonnent entre 520 et 240° (voir la figure, courbe B). Pour les faibles teneurs en manganèse, le sesquioxyde cubique n'est pas encore stable et l'oxydation donne directement naissance au ferrite de manganèse identifié par son point de Curie à 520°. Lorsque la teneur en manganèse devient suffisante, le sesquioxyde cubique stabilisé apparaît et son point de Curie s'abaisse régulièrement.

Ces résultats constituent une généralisation des expériences [4] faites sur la stabilisation du sesquioxyde cubique de fer par mise en solution solide d'ions alcalins.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un mode de décomposition de l'austénite.* Note de MM. **Albert Portevin** et **Henri Jolivet**, présentée par M. Léon Guillet.

L'austénite, état stable à chaud des aciers, amenée par refroidissement à l'état instable, se décompose; les études, faites en condition isotherme,

---

[4] A. Michel et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1191.

de cette décomposition, ont conduit à distinguer trois modalités correspondant à trois domaines thermiques de transformation séparés par des zones de stabilité relatives.

Au refroidissement, ces divers modes de transformation se manifestent par l'apparition d'anomalies désignées par Ar', Ar'', Ar''' dans l'ordre des températures décroissantes. Le domaine intermédiaire auquel correspond Ar'' peut être caractérisé à la fois par le processus de la transformation et la structure des produit formés.

L'étude de ce domaine dans les aciers hypo-eutectoïdes au nickel-chrome a conduit à la conclusion (1) que la transformation observée était due à la germination et à la cristallisation d'une ferrite sursaturée; celle-ci se décompose donnant naissance définitive à un agrégat ferrite-cémentite dont la structure est fonction des conditions de dépôt (vitesses de germination et de sursaturation).

L'objection a été faite que cette interprétation ne pourrait être étendue à des aciers eutectoïdes ou hypereutectoïdes. La notion d'eutectoïde s'applique seulement aux conditions voisines de l'équilibre. Lorsque, comme c'est le cas dans la transformation de ces austénites instables, on en est éloigné, des dépôts de ferrite sursaturée peuvent nettement être observés dans des aciers eutectoïdes ou hypereutectoïdes. Ces dépôts sont particulièrement nets dans la zone supérieure du domaine de transformation intermédiaire où les éléments de structure peuvent prendre un développement suffisant.

A titre d'exemple démonstratif on peut, dans un acier hypereutectoïde, réaliser, à une température légèrement supérieure à la température d'apparition de la perlite, un premier séjour isotherme correspondant au dépôt d'un réseau de cémentite proeutectoïde suivi, dans la partie supérieure du domaine intermédiaire, d'un second séjour isotherme correspondant au dépôt de ferrite sursaturée aciculaire; la masse de fond non transformée étant rendue martensitique par trempe à l'eau à la fin de ce séjour.

On peut aisément caractériser par l'examen micrographique les constituants qui se sont formés au cours de ces diverses étapes.

C'est ainsi que les figures 1 et 2 représentent les aspects observés dans un acier contenant : 0,78 pour 100 C; 2,85 pour 100 Ni; 0,75 pour 100 Cr,

---

(1) A. Portevin et P. Chevenard, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 772; A. Portevin et H. Jolivet, *Ann. Acad. Sci. Techn. Varsovie*, 4, 1937, p. 177.

au grossissement de 1100 diamètres après attaque acide (*fig.* 1) ou attaque colorante au ferricyanure de potassium (*fig.* 2); dans cette dernière image, le réseau de cémentite est coloré en noir, alors que la ferrite reste incolore.

Ces échantillons ont été chauffés pendant 15 minutes à 900°, immergés



Fig. 1. — Attaque acide. × 1100. Réseau fin cémentite en relief, ferrite et fond martensitique non coloré.



Fig. 2. — Attaque au ferricyanure. × 1100. Réseau cémentite noire, ferrite claire, fond martensitique coloré.

dans un premier bain métallique à 650° durant 30 minutes, dans un second bain métallique à 480° pendant 30 minutes, puis trempés à l'eau.

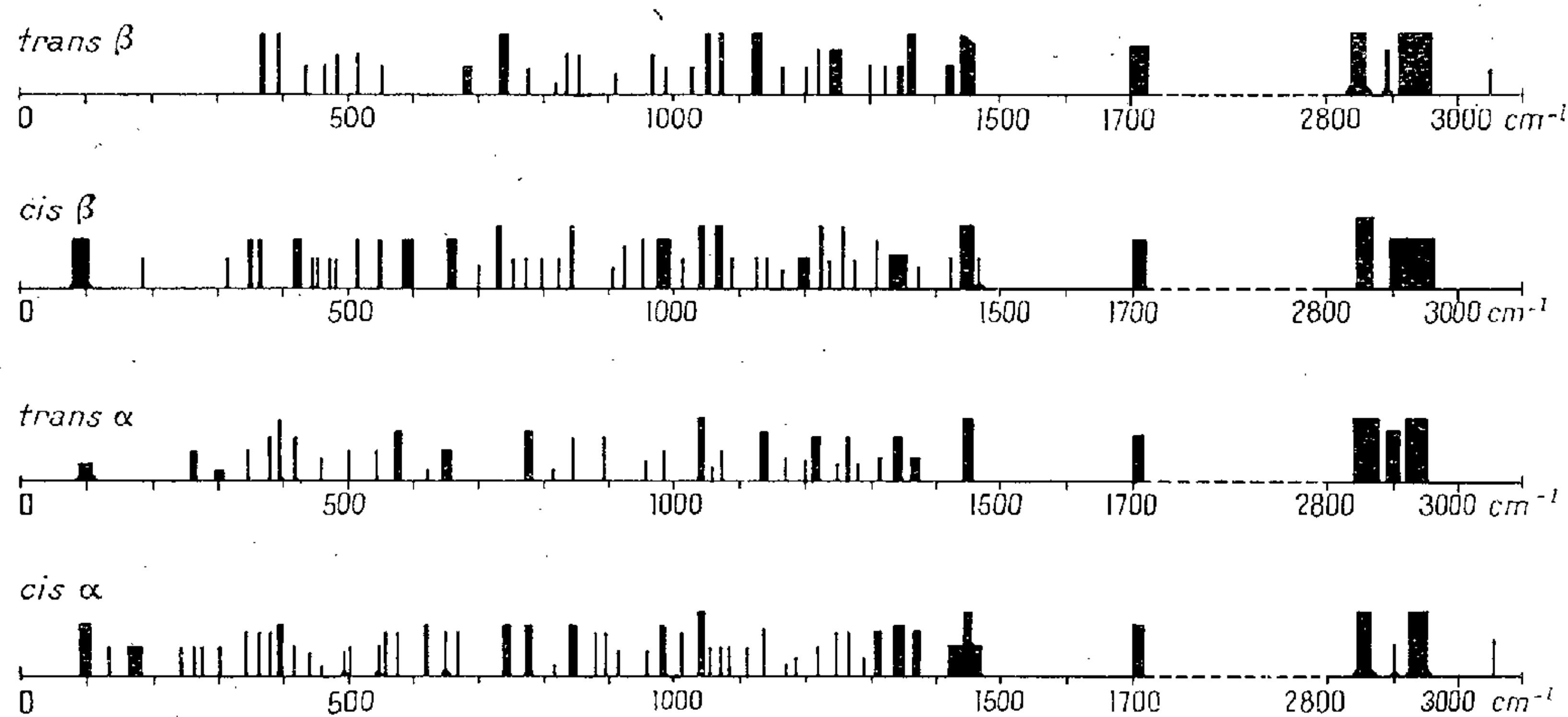
Il n'y a à aucun moment séparation simultanée ou alternative de particules de ferrite et de cémentite à partir de l'austénite comme dans la formation des agrégats, perlite et troostite nodulaire, et la ferrite sursaturée prend naissance, dans l'exemple cité, après une première précipitation de cémentite, alors que cela apparaît être la caractéristique de naissance des agrégats lors de la transformation dans le domaine Ar′.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Spectres Raman des* cis *et* trans *décalones α et β*. Note (¹) de Mlle **Dinah Biquard**, présentée par M. Marcel Delépine.

Poursuivant des recherches sur les spectres Raman de certaines cétones en vue d'étudier l'influence de la cyclisation, j'ai été amenée à étudier les décalones α et β *cis* et *trans*.

Pour chacun de ces composés, deux clichés ont été obtenus, l'un sans filtre donnant l'excitation par les raies 4046,5 Å et 4358,3 Å du Hg, l'autre avec un filtre Noviol A de pyrex qui laisse passer l'excitatrice 4358,3 Å et absorbe complètement la raie 4046,5 Å.

Les spectres Raman des cétones *cis* sont plus riches en raies que ceux des



Spectres schématiques des décalones α et β.

isomères *trans* correspondants, ainsi que l'on pouvait le prévoir, les isomères *trans* présentant une plus grande symétrie que les dérivés *cis*.

Les fréquences de la raie caractéristique de la liaison C=O sont pour ces composés :

cis-α-décalone........................	1708 cm⁻¹
trans-α-décalone (surfusion)............	1709
cis-β-décalone.........................	1711
trans-β-décalone.......................	1714

(¹) Séance du 12 décembre 1938.

Les *cis* et *trans* β décalones et la *cis* α décalone ont été obtenues par oxydation des alcools correspondants [2]. Ces alcools ont été préparés, par M. Palfray, par réduction catalytique de l'α et du β naphtol. La purification de ces cétones a été effectuée en les régénérant de leurs dérivés bisulfitiques au moyen d'une solution aqueuse diluée de soude (15 pour 100).

La *trans* α décalone a été préparée à partir de la *cis* α décalone par le mode opératoire suivant : la *cis* α décalone est chauffée pendant plusieurs heures avec une solution hydroalcoolique concentrée de soude (30^g de décalone avec 110^g de NaOH, 110$^{cm^3}$ d'eau et 230$^{cm^3}$ d'alcool à 95°). Contrairement à ce qu'indique Hückel [3], le produit obtenu par ce traitement n'est pas la *trans* α décalone mais un produit de réduction qui, par une oxydation ultérieure à l'aide d'acide chromique en solution acétique, fournit la cétone *trans* que l'on purifie comme les autres termes; la *trans* α décalone se prend en masse après la distillation (P. Eb$_{15mm}$ 113°; P.F. 33°).

Il est à remarquer que la simple distillation à la *pression ordinaire* du composé *cis* α ne m'a pas fourni le composé *trans* α comme le note Hückel [3] : en effet la distillation même répétée de la *cis* α décalone à la pression ordinaire n'a provoqué aucune modification des constantes physiques de cette substance et en particulier de son spectre Raman.

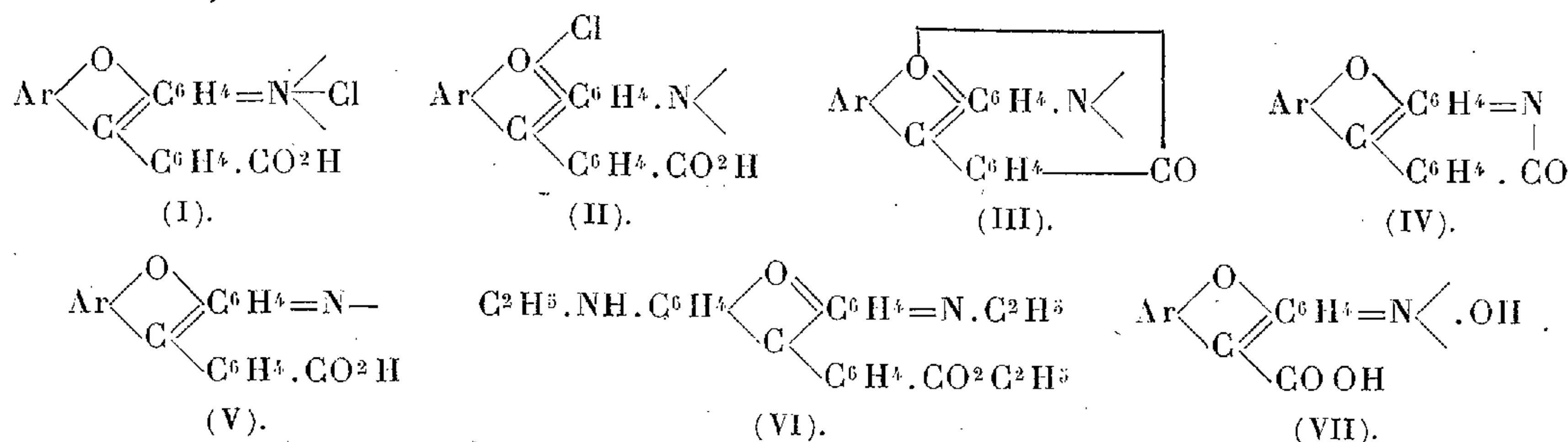
CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure de rhodamines d'après leurs spectres d'absorption*. Note de Mme **Pauline Ramart-Lucas**, présentée par M. Marcel Délépine.

Si, en raison de l'intérêt que présentent les rhodamines en tant que colorants, de nombreux travaux ont été faits sur leur synthèse et sur leur comportement chimique, ceux qui concernent l'étude de leur structure sont restreints et leurs formules sont encore très discutées. Les sels sont ordinairement représentés par (I) ou par (II); les structures (III), (IV), (V), (VII) ont été proposées pour les bases (dans ces schémas les valences libres de N peuvent être saturées par des H ou par des radicaux mono-

---

(2) R. J. Tudor et A. I. Vogel, *Journ. Chem. Soc. London*, 1934, p. 1250-1253.
(3) *Liebig's Ann.*, 441, 1925, p. 23.

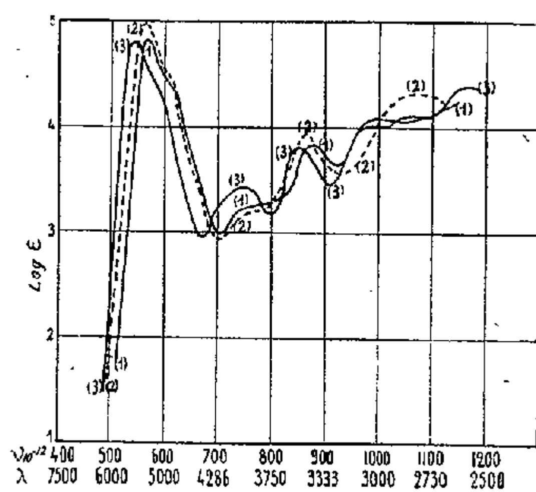
valents).

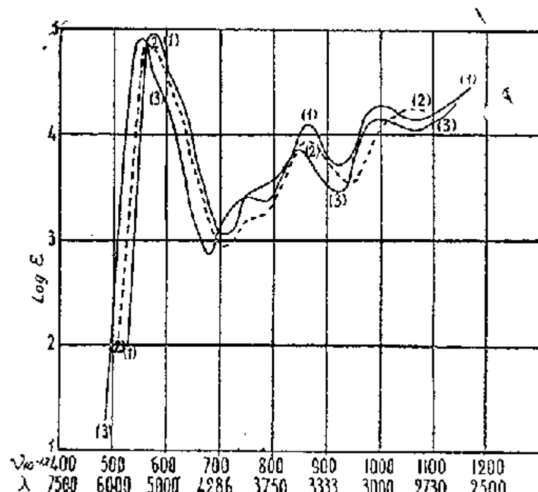


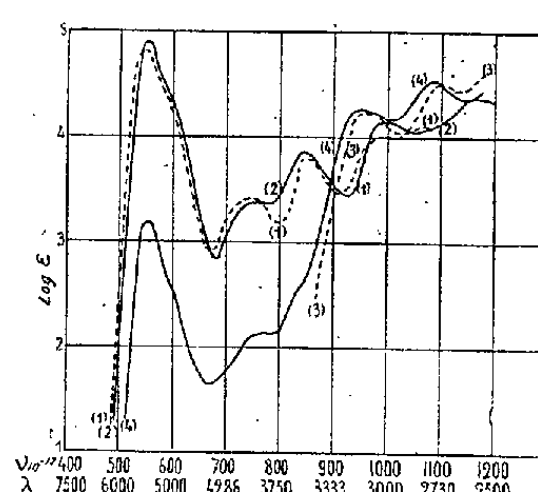
L'étude des spectres d'absorption de ces substances n'avait été faite que sur quelques sels. Or, il se trouve que des mesures d'absorption ne permettent pas de déterminer la structure de ces sels car, quelles que soient les substitutions à l'N, aucune raison ne permet d'exclure l'une ou l'autre des formules (I) ou (II).

Il n'en est plus de même si l'on s'adresse à leurs bases. On peut alors, en effet, choisir des corps ayant des substituants tels qu'ils ne puissent exister que sous une seule forme. Les spectres des bases de structure bien déterminée étant ainsi connus, il devient possible de fixer la formule des sels d'après leur absorption. J'ai mesuré l'absorption de nombreuses rhodamines (sels et bases), J'ai constaté que :

1° *En solution aqueuse ou alcoolique, les sels ont la même absorption* [1]; *on peut en déduire qu'ils ont même structure* [voir figure 1 les courbes de la


Fig. 1.


Fig. 2.


Fig. 3.

diéthylrhodamine symétrique (1), de son ester (2) et de la tétraéthylrhodamine (3), en solution alcoolique].

2° *Chacune des bases étudiées possède, dans l'alcool, un spectre semblable*

---

[1] Compte tenu du nombre et de la nature des substitutions.

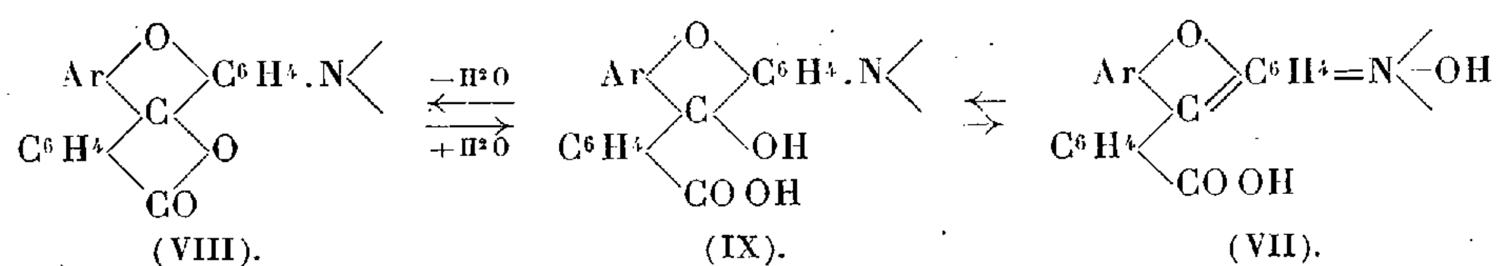
à celui de son sel. Il s'ensuit que, dans ce solvant, le sel et la base ont la même structure [sur la figure 2 se trouvent les courbes des bases : de la diéthylrhodamine (1), de son ester (2) et de la tétraéthylrhodamine (3), en solution alcoolique].

3° *Les bases hydratées existent sous deux formes transformables l'une en l'autre réversiblement : l'une colorée possède, dans l'alcool, le même spectre que son sel; l'autre incolore se trouve à l'état presque pur dans l'éther et le benzène. Ces deux formes sont présentes en quantités notables dans* Cl^3CH [voir figure 3 les courbes de la tétraéthylrhodamine (1) et de sa base dans l'alcool (2), dans l'éther (3), dans $CHCl^3$ (4)].

4° *Les bases anhydres qui ne peuvent s'isomériser* (l'ester VI par exemple) *restent colorées dans tous les solvants essayés.*

L'ensemble de ces résultats entraîne les conclusions suivantes :

Le fait que, en solution alcoolique, les sels, les bases et leurs esters ont des spectres semblables conduit à leur attribuer une même structure. Comme les esters ne peuvent avoir que la forme para quinonique (VI), il s'ensuit que, en utilisant les formules ordinaires de la chimie organique, on doit admettre que les sels, les bases anhydres colorées, les bases hydratées colorées ont respectivement les structures paraquinoniques : (I), (VI), (VII). Pour les bases incolores anhydres on peut admettre la forme lactonique (VIII) et pour les bases incolores hydratées la structure carbinolique (IX). La transformation réversible de la base hydratée colorée en base hydratée incolore, puis en base anhydre incolore, peut être représentée par le schéma



(VIII). (IX). (VII).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les colorants de Pechmann. Réactions de scission dans la série dinaphtylée symétrique.* Note de M. **Paul Chovin**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai fait connaître [1] la constitution la plus probable des colorants de Pechmann et j'ai indiqué le mécanisme de l'action des alcalis condui-

[1] *Annales de Chimie*, 11e série, 9, 1938, p. 447.

sant, par hydrolyse et ouverture des cycles lactoniques, à certains dérivés acides. Je poursuis l'étude entreprise et la présente Note concerne les résultats obtenus dans la série dinaphtylée symétrique.

Le colorant di-β-naphtylé, $C^{10}H^{7}-[C^{8}H^{2}O^{4}]-C^{10}H^{7}$ (²), rouge violacé (F. 361°), est attaqué à la température ordinaire, et mieux encore à 60°, par la potasse alcoolique à 10 pour 100. Il se forme le sel dipotassique de l'acide dihydraté : $C^{10}H^{7}-[C^{8}H^{4}O^{6}K^{2}]-C^{10}H^{7}$.

Ce sel, violet foncé, à reflets verdâtres, est à peine soluble dans les solvants usuels, tels les alcools méthylique et éthylique, et est pratiquement insoluble dans l'eau. Il conduit à l'acide monohydraté ou à l'acide dihydraté, selon le traitement auquel on le soumet.

a. Traité par un mélange froid d'acide acétique et d'alcool éthylique, il se dissout en se transformant en acide monohydraté $C^{10}H^{7}-[C^{8}H^{4}O^{5}]-C^{10}H^{7}$; on peut mettre à profit le très court espace de temps, de l'ordre de quelques secondes, qui sépare la dissolution du sel de la cristallisation de l'acide, pour éliminer par centrifugation les quelques cristaux de colorant initial que l'attaque alcaline a pu épargner.

L'acide monohydraté, jaune, est purifiable par cristallisation par chaud et froid dans l'alcool méthylique. On l'obtient pur, fondant instantanément au bloc d'or à 277°. Il perd une molécule d'eau sous l'action de la chaleur ou à l'ébullition avec de l'anhydride acétique en régénérant le colorant rouge initial (F. du produit régénéré 360°; mêmes spectres d'absorption).

b. Les solutions hydro-alcooliques du sel dihydraté (à défaut des solutions aqueuses) évoluent spontanément dès la température ordinaire, et cette évolution se manifeste par un virage au jaune de leur teinte rouge initiale. Pendant cette décoloration, relativement rapide, on peut recueillir en acidifiant un mélange d'acides monohydraté et dihydraté, puis, ultérieurement, de l'acide dihydraté pur $C^{10}H^{7}-[C^{8}H^{6}O^{6}]-C^{10}H^{7}$.

Il est bon, pour saisir le moment exact où il convient d'acidifier en vue de l'obtention de ce dernier produit, de contrôler, à intervalles de temps rapprochés, toutes les deux ou trois minutes, par exemple, et sur 1^{cm^3} de solution, la pureté de l'acide formé : rassemblé dans une goutte d'éther et chauffé en présence d'anhydride acétique, il doit donner une solution jaune où les bandes d'absorption caractéristiques du colorant initial ont disparu, indice très sensible de l'absence de l'acide monohydraté.

(²) Pour la compréhension des formules simplifiées, voir P. CHOVIN, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 360.

L'acide dihydraté, recristallisé dans l'alcool méthylique, fond instantanément à 305°. Chauffé seul ou en présence d'anhydride acétique, il perd deux molécules d'eau et se transforme en un isomère du colorant initial $C^{10}H^{7}$—[$C^{8}H^{2}O^{4}$]—$C^{10}H^{7}$ non plus rouge, mais jaune, et dont les solutions, particulièrement les solutions benzéniques, ont une fluorescence verte marquée.

Cet isomère fond instantanément à 372° sans subir de décomposition. Il est très peu soluble dans les solvants usuels; il résiste à l'action de l'acide nitrique dilué, alors que le colorant rouge est transformé dans ces conditions en un dérivé acide oxydé incolore. Cette circonstance autorise, non pas la séparation des deux produits, impossible par cristallisation fractionnée, mais tout au moins l'isolement du jaune après destruction du rouge.

Les réactions qui viennent d'être décrites, outre qu'elles font connaître plusieurs dérivés nouveaux, tendent à confirmer l'interprétation que j'avais donnée du mécanisme général de l'hydrolyse alcaline des colorants de Pechmann (1).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence des bromures de glucinium, de magnésium, de zinc et de cadmium dans la bromuration du benzène.* Note de M. **Roger Pajeau**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les propriétés catalytiques du bromure de glucinium ayant été antérieurement signalées (1), je me suis proposé de les comparer à celles des bromures de magnésium, de zinc et de cadmium, métaux de la colonne II du tableau de Mendeleeff.

Dans un ballon surmonté d'un entonnoir à brome et relié à un réfrigérant ascendant étaient introduits le bromure métallique pulvérisé (en quantité variable), du benzène (86g), puis lentement du brome (160g). Appareil et substances étaient exempts d'humidité. Le ballon se trouvait placé sur un bain-marie maintenu à l'ébullition et l'écoulement du brome dans le benzène bouillant durait vingt minutes. L'opération s'effectuait à la lumière diffuse. Pour suivre la marche de la réaction, l'acide bromhydrique dégagé était dissous dans l'eau d'un ballon placé sur un des plateaux d'une balance.

(1) M. F. Taboury et R. Pajeau, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 328; R. Pajeau, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1795; 204, 1937, p. 1202 et 1347.

Les bromures métalliques utilisés ont été préparés en faisant agir les vapeurs de brome sur le métal au rouge; dans le cas du bromure de glucinium, le brome était entraîné par un courant d'hydrogène sur le glucinium maintenu entre 400 et 450°.

Le tableau suivant indique quelques-uns des résultats obtenus en faisant varier la nature et la masse du bromure, toutes choses égales d'ailleurs.

Temps en minutes.	Poids d'acide bromhydrique dégagé, en grammes.				
	Sans catalyseur.	Br^2Gl $4^g = 0^{mol},024$.	Br^2Mg $25^g = 0^{mol},136$.	Br^2Zn $20^g = 0^{mol},089$.	Br^2Cd $20^g = 0^{mol},073$.
2......	0	3	0	0	0
5......	0	15	0	0	5
10......	0	33	0	3	15
15......	1	53	0	5	27
20......	2	73	1	8	41
22......	–	79	–	–	–
25......	–	80	–	–	–
30......	3	–	3	15	61
40......	4	–	5	23	69
50......	5	–	7	30	72
60......	7	–	10	37	74
75......	9	–	13	44	76

Ces halogénures sont donc des catalyseurs de bromuration du benzène, mais ils possèdent des activités très différentes. Alors que 4^g de bromure de glucinium provoquent le dégagement presque théorique d'acide bromhydrique en 25 minutes, des quantités supérieures des autres bromures n'ont pas permis d'obtenir une réaction totale, même au bout de 75 minutes. Ainsi le bromure de magnésium a une influence à peu près nulle : le bromure de zinc favorise légèrement la bromuration, tandis que le bromure de cadmium est plus actif. Ils se classent de la façon suivante par ordre d'activité catalytique croissante :

$$Br^2Mg, \quad Br^2Zn, \quad Br^2Cd, \quad Br^2Gl.$$

Après les traitements ordinaires, il a été recueilli les masses indiquées ci-après de monobromobenzène bouillant de 154°,5 à 155°,5 :

Sans catalyseur.	Br^2Mg.	Br^2Zn.	Br^2Cd.	Br^2Gl.
8^g	9^g	$41^g,9$	68^g	$76^g,5$

Ces corps favorisent en outre la formation de paradibromobenzène et se classent d'une façon analogue. Ainsi, en utilisant 39^g de benzène au lieu

de 85g, toutes choses égales par ailleurs, les masses suivantes de paradibromobenzène ont été obtenues :

Sans catalyseur.	Br^2Mg.	Br^2Zn.	Br^2Cd.	Br^2Gl.
0g, 3	1g	8g	36g	48g

En résumé, les bromures des métaux du groupe du glucinium ont une activité catalytique fonction croissante de la masse atomique du métal, sauf dans le cas du glucinium, qui occupe la tête de la colonne II, et qui se distingue ici encore des trois autres métaux de son groupe.

GÉOLOGIE. — *Au sujet de l'Oligocène et du Burdigalien en Syrie.* Note (¹) de M. Louis Dubertret, présentée par M. Charles Jacob.

Le Nummulitique de la région de Palmyre, calcaire et crayeux, est couronné d'un banc crayeux à *Schizaster Parkinsoni*, puis de sables rouges avec lumachelle à *Eulepidina elephantina*. Ces niveaux, en raison de l'identité de la faune échinitique du premier avec celle du Burdigalien classique de Malte, ont été attribués au Burdigalien (²), bien que *E. elephantina* et son cortège de grands Foraminifères fussent habituellement considérés comme oligocènes.

L'examen de l'ensemble des faunes (³) et une corrélation plus serrée entre leurs gisements infirment cette attribution d'âge.

1° A la Grotte à la Hyène, les Échinides du premier niveau (dont 5 espèces de Malte), *Schizaster Parkinsoni* Defr., *Opissaster Scillæ* Wright, *Lovenia Gauthieri* Cott., *Pericosmus coranguinum* Greg., *P. Agassizi* Sismonda, sont accompagnés de Pectens oligocènes : *P. arcuatus* Br., *Flabellipecten oligoflabellata* Sacco, *Chlamys deleta* Mich., *Ch. quinpartita* Bl., *Ch. oligosquammosa* Sacco, *Ch. judaica* Cox.

2° A Debba, la lumachelle à *E. elephantina* contient des *Nummulites Bouillei* de la H. trouvés au lavage.

3° Sur la vieille piste Soukhné-Deir-ez-Zor, près de Tell-el-Zouéhé, la craie à *S. Parkinsoni* contient *N. Bouillei-Tournoueri* de la H. et *N. vascus* Jol. et Leym. et la lumachelle à Lépidocyclines : *N. Bouillei-Tournoueri* de la H., *Heterostegina præcursor* Tan, *H. costata* d'Orb., *Cycloclypeus* sp., *Operculina complanata* Defr. et var. *Zitteli* Silv., *Amphistegina Lessoni* d'Orb., enfin *Brissoides melitensis* Wright (espèce de Malte), fragments de Scutelles et *Ostrea Virleti* Desh.

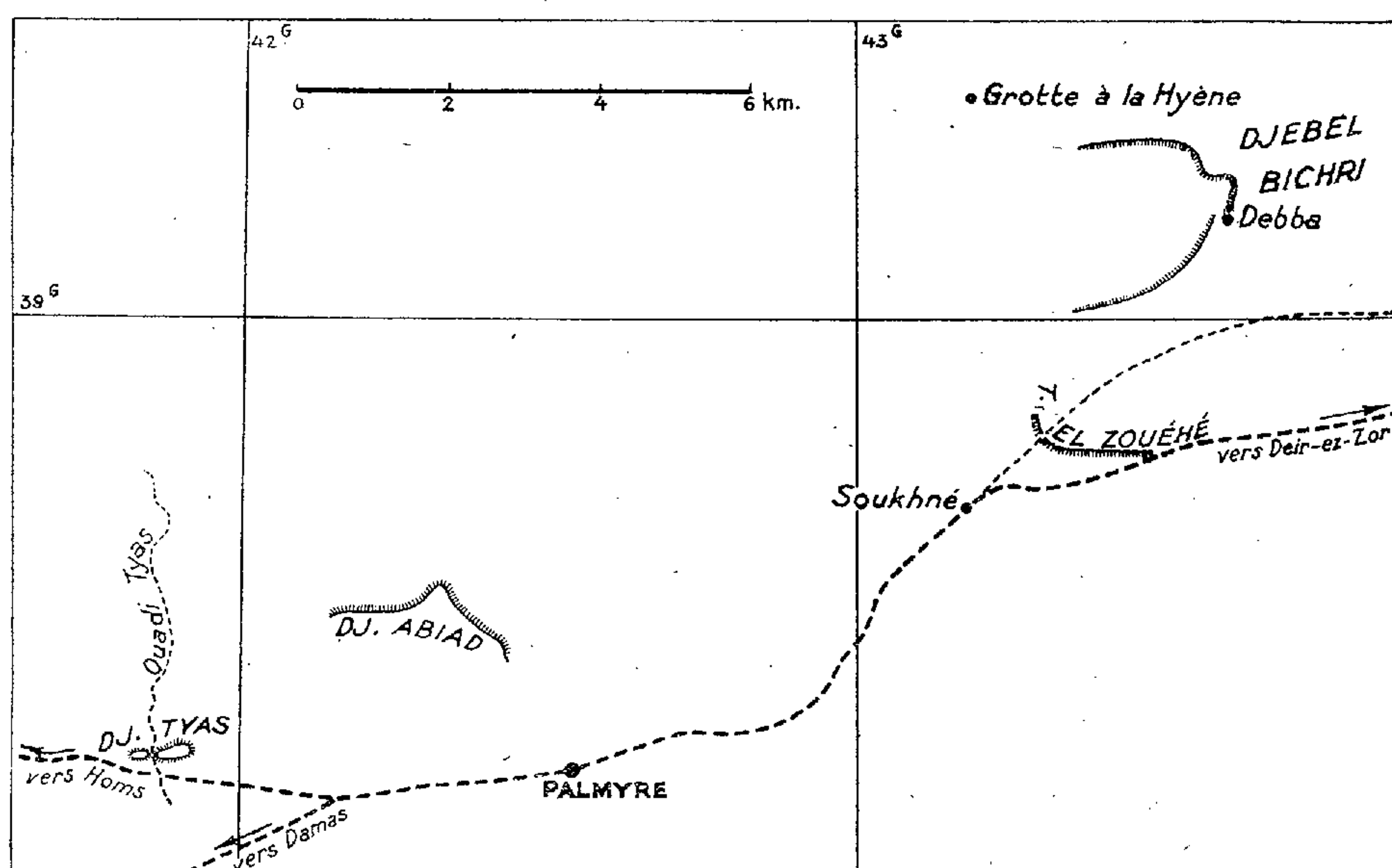
(¹) Séance du 12 décembre 1938.

(²) L. Dubertret, A. Keller et H. Vautrin, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 100.

(³) Les Foraminifères et Pectens cités ont été déterminés par Mme R. Dubertret et MM. F. Roman, L. Doncieux et J. Roger.

4° Au Djebel Abiad les calcaires crayeux éocènes passent, sans changement lithographique, à des couches à Algues et Eulépidines, couronnées d'une lumachelle à *E. dilatata* Mich., *N. Fichteli* Mich. ([1]), *O. complanata* et var. *Zitteli, S. Parkinsoni* Defr., *Clypeaster Martini* Desm., fragments de Scutelles, Polypiers divers et *O. Virleti*; puis suivent des sables rouges d'allure torrentielle.

5° Au Djebel Tyas, les calcaires crayeux de l'Éocène supérieur passent à des argiles vertes à *P. arcuatus,* puis à des grès se terminant par une lumachelle à *P. arcuatus, Ch. oligosuammosa, Chl. Martini, Scutella subrotundæformis* Schaur. et *Echino-*



lampas cf. *Richardi* Ag. Dans une brèche grossière, aux mêmes formes s'ajoutent *O. Virleti* Desh., *Meretrix erycinoides* Lmk. *Tapes* af. *vetulus* Bast., *Lyria* cf. *aturensis* Peyr., *Cypræa* af. *Brocchii* Desh., *Ptychocerithium Bronni* Partsch, et de gros moules de Gastéropodes.

Un petit banc calcaire susjacent contient encore une faune oligocène : *Ch. deleta* Mich., *P. arcuatus, Cardium* af. *girandicum* May., *Trachycardium multicolpatum* Cos. et Peyr., *Meretrix erycinoides* Lmk., *Pyrula condita* Brongn., etc.

Vers l'Ouadi Tyas, à 4^{km}, la lumachelle et la brèche passent latéralement à un banc de calcaire crayeux à Eulépidines, Operculines et *N. Bouillei-Tournoueri.*

La présence constante de Nummulites, dont l'état exclut l'idée d'un remaniement, ainsi que de *Pectens* oligocènes dans le niveau à *S. Parkinsoni* et dans la lumachelle à *E. elephantina*, en établit indiscutablement l'âge oligocène et modifie la signification stratigraphique d'une partie de la faune echinitique de Malte.

([1]) Trouvé par N. Vautrin.

L'Oligocène (en y comprenant l'Aquitanien), dont l'identification a été lente, en raison de ses changements de faciès et des distances entre les lieux d'observation, s'avère comme l'un des étages les plus étendus de la Syrie. Annonçant l'immersion à la fin du Nummulitique, il est représenté par des faciès néritiques d'une extraordinaire richesse en faunes, ainsi qu'en témoignent les citations ci-dessus.

Le Burdigalien, par contre, n'a pas encore été découvert; sans doute correspond-il à une phase d'émersion, car c'est communément l'Helvétien qui constitue la base du Néogène.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Nummulitique à Pondichéry* (*Inde française*). Note de MM. **Raymond Furon** et **Paul Lemoine**, présentée par M. Charles Jacob.

L'Inde orientale française (Pondichéry) possède des gîtes fossilifères crétacés, qui sont connus sous le nom de couches d'Arriyalur et de Ninniyur, c'est-à-dire correspondant au Campanien-Maëstrichtien-Danien.

A Pondichéry, le Crétacé émerge au milieu des sables et grès de Cuddalore, lesquels ne contiennent que des bois silicifiés d'âge inconnu (1). Affecté d'un pendage Est, le Crétacé disparaît en profondeur en direction de l'Océan Indien, caché par les alluvions du grand delta de la Cauvery. Les affleurements crétacés de l'Inde méridionale dessinent une auréole, dont la limite Nord est située entre Pondichéry et Madras, qui s'enfonce vers l'Ouest un peu au delà de Trichinopoli et que nous appellerons *auréole de Karikal* du nom de la ville qui en occupe le centre géographique, à l'extrémité orientale du delta actuel de la Cauvery.

Du Tertiaire marin, on ne connaissait rien d'autre que le Pliocène de Karikal (2), découvert accidentellement et provenant d'un forage exécuté en 1884. Les fossiles décrits auraient été trouvés entre 115 et 145^{m} de profondeur.

Au cours de la révision méthodique des vieilles collections de Géologie du Muséum national d'Histoire naturelle, il a été retrouvé des matériaux qui proviennent de sondages (de 150 à 180^{m}) exécutés dans ce qu'on appelait les *alluvions* de Pondichéry. Une collection comporte un Calcaire

(1) H. Léveillé, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3e série, 18, 1889-1890, p. 114.

(2) Cossmann, *J. Conchyliologie*, 48, 1900, p. 14; 50, 1902, p. 105.

à *Assilina*, l'autre un Grès à *Orthophragmina*. Ces matériaux, ignorés jusqu'ici, présentent un intérêt considérable.

Les Assilines, remplies d'une matière bitumineuse, sont des *Assilina granulosa*. C'est une espèce lutétienne, connue dans l'Éocène moyen du Sind et du Béloutchistan vers l'Ouest, des îles Andaman et de la Birmanie vers l'Est ([3]), de Madagascar au Sud ([4]).

Les Orthophragmines sont des *Discocyclina Pratti* (*Orbitoides papyracea* des anciens auteurs), de petite taille, beaucoup plus petites que celles recueillies par l'un de nous (R. F.) dans les calcaires oligocènes du Béloutchistan, où elles accompagnent les dernières Nummulites. Ces couches, dites de Nari, se retrouvent à la base de l'Oligo-Miocène pétrolifère de Pegu, en Birmanie. La même espèce est également connue à Madagascar ([4]).

Le Nummulitique marin existe donc à Pondichéry, représenté par l'Éocène moyen et par un terme supérieur (Bartonien ou Stampien).

Il n'est pas déraisonnable de penser que la série miocène doit exister, au moins à Karikal, au-dessous du Pliocène. On connaît du Miocène marin sur les rives du détroit indo-cinghalais ([5]), aussi bien qu'à Quilon (Travancore, Côte de Malabar). Il y a là les traces d'une transgression vindobonienne, plus exactement tortonienne. Les auteurs anglais la datent avec hésitation à cause de la position stratigraphique incertaine d'*Ostrea Virleti*, signalée tantôt dans le Burdigalien, tantôt dans le Tortonien. En réalité, *Ostrea Virleti* n'existe que dans le Tortonien, précédée dans le Burdigalien par *Ostrea prae-Virleti*, beaucoup plus triangulaire et à plis moins marqués. Ce Tortonien indo-cinghalais contient également *Orbiculina malabarica*, des Clypéastres, des Lamellibranches et des Gastropodes, dont certains sont connus du Pliocène de Karikal. D'autre part, la faune est la même que celle du Tortonien de Birmanie.

Conclusions. — Les alluvions du delta de la Cauvery ont dissimulé la nature réelle de l'auréole de Karikal.

Le fait nouveau (découverte d'une série nummulitique dans les sondages de Pondichéry) permet de reconnaître la succession suivante, de la base au sommet :

([3]) G. H. Tipper, *Mem. Geol. Survey India*, 35, 1911, pt. 4, p. 1; H. L. Chhibber, *The Geology of Burma*, 1934.

([4]) P. Lemoine, *Études géologiques dans le nord de Madagascar. Contributions à l'Histoire géologique de l'Océan Indien*. Paris, 1906.

([5]) E. J. Wayland et A. M. Davies, *Quart. J. Geol. Soc. London*, 79, 1923, p. 577.

a. série cristalline et cristallophyllienne (Précambien);
b. Cénomanien-Turonien de Trichinopoli;
c. Campanien-Maestrichtien-Danien de Pondichéry;
d. Éocène moyen à *Assilina granulosa*, de Pondichéry;
e. Bartonien-Stampien à *Discocyclina Pratti* de Pondichéry;
f. Miocène marin du détroit indo-cinghalais et de Birmanie;
g. Pliocène inférieur de Karikal.

Au point de vue paléogéographique, on voit dès maintenant le rôle insoupçonné de la région de Karikal, en liaison directe avec l'Assam et la Birmanie.

On a remarqué les relations qui existent entre les faunes crétacées de Madagascar et celles de Pondichéry ([6]). L'un de nous ([4]) a exposé les grandes lignes de l'histoire géologique de l'Océan Indien.

Les nouveaux documents permettent d'ajouter que le Golfe du Bengale existait bien dès le Crétacé et que son étendue ne s'est pas modifiée au cours du Nummulitique. La péninsule indo-malgache s'est trouvée rompue à une époque qui remonte probablement au Crétacé supérieur, mais il apparaît que l'insularité de Ceylan et le tracé des côtes actuelles de l'Inde tout à fait méridionale ne sont certains qu'à partir du Miocène.

L'étude géologique des Établissements français de l'Inde, actuellement à peu près inexistante, semble devoir réserver des surprises.

GÉOLOGIE. — *Sur les terrains triasiques de la partie moyenne du département du Var.* Note de M. **Léon Bertrand**, présentée par M. François Grandjean.

La partie moyenne du département du Var, s'étendant au nord du massif de terrains cristallins des Maures et de la zone permienne de la dépression de Cuers, de la plaine de l'Argens et de l'Estérel, jusqu'aux hauts plateaux de calcaires jurassiques qui s'étalent aux confins des Basses-Alpes, présente pour une partie importante de sa surface une structure que ne peut laisser soupçonner la première édition de la feuille *Draguignan* de la Carte géologique au 1/80000e. Si, en effet, sur celle-ci les terrains jurassiques ont été minutieusement distingués et traduisent un régime tectonique compliqué, par contre la série triasique y a été figurée, presque

([6]) H. Douvillé, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, 4, 1904, p. 207.

en entier, sous une teinte plate uniforme, correspondant au Muschelkalk, qui occupe de larges surfaces, en particulier une très grande zone s'étendant avec une direction générale WSW-ENE tout au travers de la feuille depuis son angle nord-est (environs de Fayence) jusqu'en son bord occidental, où elle est rejointe vers Tourves par la célèbre *bande triasique de Barjols*, orientée tout autrement et provenant de l'angle nord-ouest de la feuille (environs de La Verdière). Cette figuration du Trias peut évidemment donner l'illusion d'un régime tabulaire ou, du moins, d'une extrême simplicité structurale, contrastant avec l'allure tectonique compliquée qui apparaîtrait dès qu'on passerait du Trias à sa couverture de terrains jurassiques, ce qui serait évidemment anormal, car l'inverse serait, *a priori*, plus naturel.

En outre, en nous bornant ici à la longue et large zone triasique qui s'étend au nord du Permien, avec une direction provençale typique WSW-ENE, l'apparition d'une étroite bande rectiligne de couches jurassiques très redressées et fortement pincées traversant en écharpe cette zone avec une direction NW-SE pour aboutir au bord même du Permien au Cannet-du-Luc, suivant un accident structural duquel ont discuté maints géologues provençaux, serait évidemment fort étonnante si cet accident devait rester isolé, comme cela résulterait de la figuration en question.

Mais il paraît manifeste que l'auteur de l'ancienne carte n'a guère été tenté par la monotonie apparente du pays triasique, aux collines cultivées ou souvent boisées, d'y faire des levés détaillés dans le complexe de calcaires, dolomies et cargneules surmontant la série gréseuse du Trias inférieur, laquelle ne se montre guère qu'en un étroit liséré au contact des schistes permiens ou, lorsque ceux-ci font défaut (bordure du massif cristallin de Tanneron), des roches granitiques formant le substratum du Trias et qui ont d'ailleurs fourni les éléments de ces grès.

Cependant, grâce au faciès très caractéristique des calcaires du Muschelkalk et à leur stratification en général bien apparente, il est assez facile de distinguer et suivre dans ce complexe une première série dolomitique inférieure à ces calcaires, se montrant souvent dans l'axe des anticlinaux de Muschelkalk. Inversement la série classique des cargneules et gypses du Trias supérieur est souvent conservée dans la partie axiale des synclinaux, quoique le Keuper n'ait été indiqué que rarement sur l'ancienne carte, et encore en lui attribuant le plus souvent des dépôts alluviaux et de ruissellement formés dans des dépressions correspondant à un ancien réseau

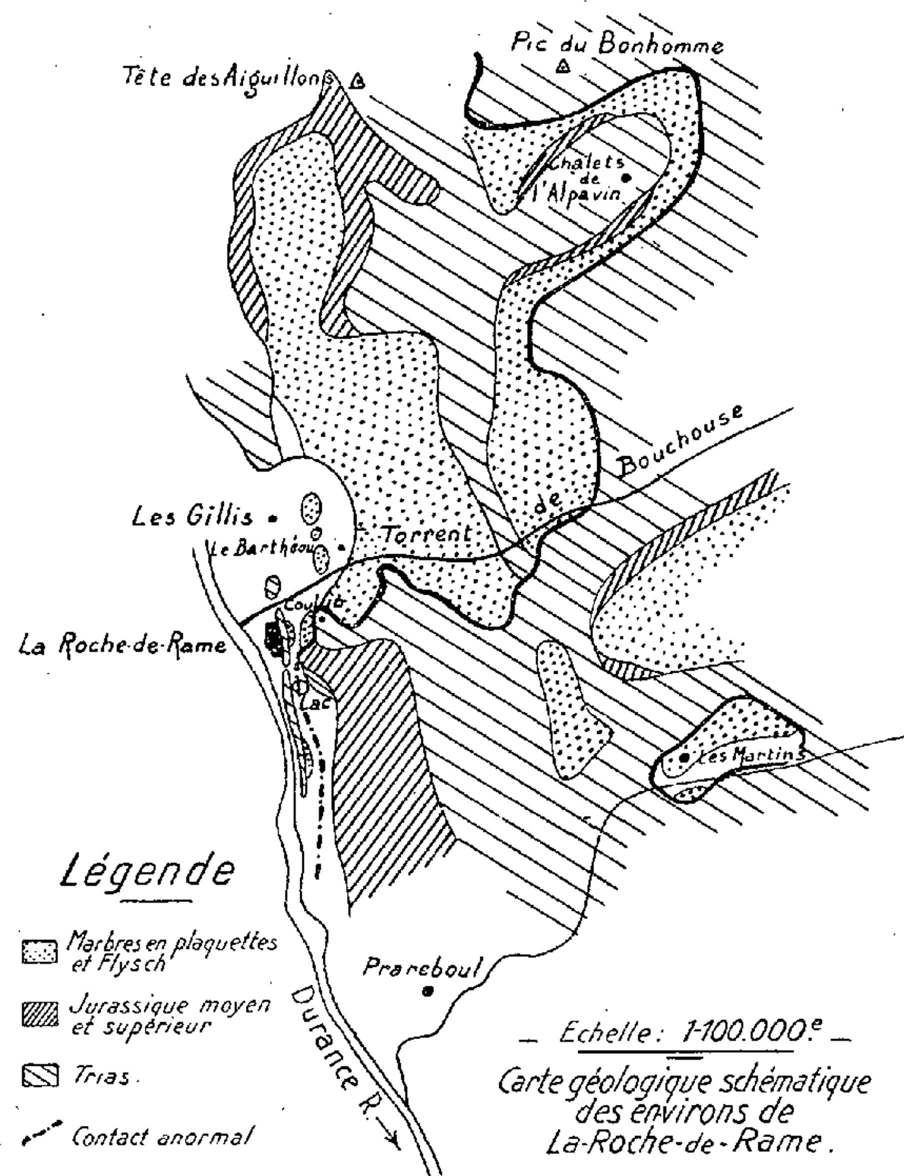
hydrographique et ne coïncidant pas nécessairement avec les synclinaux. En outre, ces derniers contiennent parfois du Rhétien et de l'Hettangien non indiqués sur l'ancienne carte.

Il me faut signaler ici que la notion d'un décollement dans la série triasique, que j'ai émise depuis longtemps, ainsi que M. Lutaud, d'après des constatations faites dans la bordure de la zone permienne, est corroborée par le fait que les grès bigarrés paraissent liés tectoniquement à leur substratum (schistes permiens ou roches plus anciennes), tandis qu'ils ne se montrent pas dans les anticlinaux très pincés du Muschelkalk, qui ne semblent pas les avoir intéressés. En effet, l'ancienne carte a bien figuré, et cela a été reproduit dans une carte récente, vers le bord ouest de la feuille, entre Bras et Tourves, quelques étroites bandes de Trias inférieur, perçant au travers du Muschelkalk; mais il s'agit, en réalité, d'une formation bien stratifiée *reposant sur le Muschelkalk* dans quelques synclinaux et devant être considérée comme un ancien *tuf volcanique*, très décomposé, mais semblant provenir d'une éruption basique produite en une localité assez voisine, au Trias supérieur, dont les produits de projection ont été stratifiés dans la lagune du Keuper en même temps que les dépôts normaux de celui-ci. L'analyse sommaire d'un échantillon de ce tuf pépéritique, pris en surface, a donné une teneur d'environ 30 pour 100 en silice et 20 pour 100 en alumine + oxydes de fer, avec beaucoup de calcite et sans quartz.

Revenant à l'accident du Cannet-du-Luc, je me bornerai ici à indiquer que la bande synclinale de Jurassique et le chevauchement de Trias qui longe son bord nord-est s'encadrent dans un système de plis parallèles, tous dirigés NW-SE, qui est très développé, en particulier, sur toute la largeur de la zone triasique jusqu'à la vallée du Nartuby. Mais il faut observer que certains de ces plis se comportent comme le prolongement, par un changement complet de direction, de plis provenant de la région de Brignoles avec une orientation provençale typique, qui est aussi celle de la direction générale de la zone triasique plissée très obliquement par le faisceau en question. D'ailleurs l'allure capricieuse des plis assez serrés qui affectent le Trias dans toute cette région varoise est caractérisée par de tels passages, parfois très brusques, de la direction provençale à celle que l'on peut dénommer alpine (sans attribuer nécessairement à ces deux dénominations une signification chronologique). Un exposé plus précis montrera d'ailleurs que cette allure du Trias se place bien dans le cadre général de la tectonique de la région.

TECTONIQUE. — *Sur la tectonique de la rive gauche de la Durance aux environs de La-Roche-de-Rame (Hautes-Alpes) et ses rapports avec les nappes du Guil.* Note (¹) de M. **F. Blanchet.**

Les calcaires triasiques qui descendent de la Tête des Aiguillons (2527^m) vers le Sud, sont surmontés par des *Marbres en plaquettes* et du Flysch avec grès bien développés. Ils paraissent border à la Roche-de-Rame la lèvre abaissée d'une faille dont l'autre lèvre formerait les escarpements qui s'étendent à l'Est du petit lac de la Roche. Mais le pointement de calcaires triasiques qui domine immédiatement le lac au Nord-Est et qui s'étend en



Carte géologique schématique des environs de La-Roche-de-Rame.

direction Nord-Sud sur une longueur de 150 à 200^m, se relie d'une part à l'escarpement précité et s'avance d'autre part sur les Marbres en plaquettes. De même près du hameau de Coulin, on a un affleurement

(¹) Séance du 12 décembre 1938.

semblable qui atteint près de 300m de long. Enfin, au Sud-Est du Barthéou, il existe également un éperon triasique reposant sur les Marbres en plaquettes. Ces diverses identifications témoignent que ces escarpements ne sont pas dus à une faille mais marquent le bord d'une nappe dont l'extension primitive vers le Nord a dû être notable.

On tire d'ailleurs une preuve décisive de l'existence de cette nappe dans l'examen des calcaires triasiques qui traversent la route nationale à la sortie méridionale du village de La Roche-de-Rame. Ils forment là une barre rocheuse étroite, de direction Nord-Sud, qui domine la voie ferrée au nord de la gare P.-L.-M.; on y observe des assises bien litées de calcaires triasiques typiques comportant vers leur partie supérieure des intercalations bréchiques analogues à celles que j'ai décrites, plus au Sud et au même niveau dans les montagnes d'Escreins.

L'ensemble est fortement incliné vers l'Est où il est recouvert transgressivement et *sans intercalation de Malm* par les couches rouges de base des marbres en plaquettes; celles-ci remplissent en effet sur le bord même de la route, de profondes cavités creusées dans les calcaires triasiques par les érosions antésénoniennes; à l'est de la route et à l'entrée du village, la transgression est également très nette et la liaison de ces marbres en plaquettes avec ceux qui supportent les îlots triasiques indiqués ci-dessus, est indiscutable.

Au Sud du Lac, cette bande inférieure de calcaires triasiques s'enfonce sous le Trias des escarpements orientaux qui est surmonté à son tour par du Malm typique avec ses deux niveaux caractéristiques : calcaires amygdalaires du type de Guillestre à la base et calcaires roses fins à Calpionelles au sommet.

On ne se trouve pas là en présence d'un simple repli, car, à 3 ou 4km au Sud-Est de La Roche, dans le fond du vallon du torrent de Pra-Reboul, près des Martins et de l'Adroit, une *fenêtre* laisse apercevoir à travers les calcaires triasiques de notre série supérieure, la couverture crétacée (Marbres en plaquettes) et tertiaire (Flysch) de la série inférieure.

Notre série supérieure se poursuit d'ailleurs au Sud à peu près sans interruption sur le flanc occidental de la Montagne de Roc-Saphie et vient aboutir sur la rive droite du Guil près du village du Gros. C'est elle qui constitue la nappe supérieure du Guil. Nous retrouvons donc aux environs de La-Roche-de-Rame une structure tectonique identique à celle des environs de Guillestre. Le contact entre les deux nappes y est très net; il suit, sur la rive gauche du torrent de Bouchouse, une ligne sinueuse le

long de laquelle on voit en plusieurs points les grès du Flysch bien développés de la série inférieure, s'enfoncer sous le Trias de la série supérieure.

Enfin, au voisinage du hameau des Combes, la ligne de contact anormal s'infléchit vers le Nord, passe au Sud de La Bouchière et se dirige à nouveau vers l'Est pour décrire une courbe profonde passant à l'Est des chalets de l'Alpavin et au pied du Pic du Bonhomme.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur le régime des sables de l'estuaire de la Seine.* Note de M. **Bogdan Rajčević**,

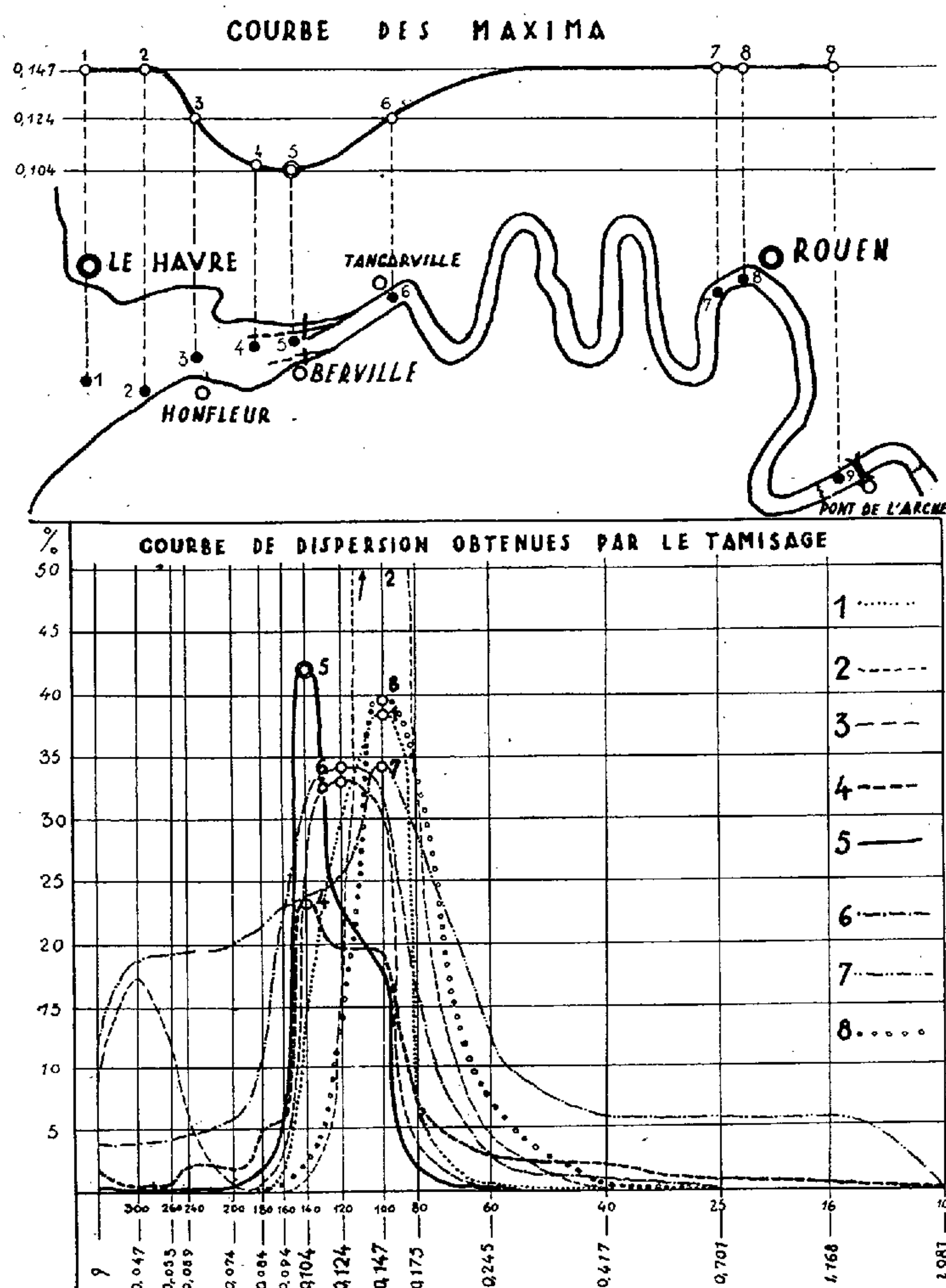
Le régime actuel de la sédimentation dans l'estuaire est régi d'une part par l'action de la mer, dont l'apport a déjà été évalué par M. J. Volmat (1), et d'autre part par l'action du courant propre du fleuve. J'ai procédé à l'étude des mouvements du sable dans l'estuaire et cherché, notamment, une limite entre l'influence de la mer, qui transporte dans le chenal les sables provenant du littoral du Calvados et de la baie de la Seine, et celle du courant du fleuve, qui apporte les sédiments provenant de son bassin versant. Dans ce but, j'ai étudié par tamisage, la variation de composition granulométrique de la taille sableuse des dépôts. Il est clair que pour pouvoir déterminer la limite entre ces deux apports de sédiments, il fallait choisir des échantillons, sédimentés dans des conditions hydrologiques similaires. Ces échantillons ont été recueillis dans la région de la Seine fluvio-maritime, au printemps 1938. Ils ont été conservés dans des bocaux à bouchon de caoutchouc pour éviter l'évaporation de l'eau. La figure ci-après reproduit les courbes de dispersion (courbes de fréquences) obtenues par le tamisage. Celles-ci présentent un maximum principal très accusé, elles montrent que les échantillons sont constitués pour la plus grande partie par des grains de 94^{μ} à 400^{μ}.

J'ai porté en ordonnée, en face des points figurant sur le plan du fleuve, le lieu de prélèvement des échantillons, la taille la plus fréquente de chaque échantillon, déduite de la courbe de dispersion. La valeur de cette taille présente un minimum qui se place au droit de l'extrémité aval de la digue de la Seine, au bac du Hode en face de Berville. C'est donc là que se situe le lieu de la plus grande usure des sables.

L'examen au microscope a révélé, d'autre part, que les sables de la

(1) J. Volmat, XXIIe Cahier des Recherches hydrographiques, Paris, 1929.

Seine fluvio-maritime sont caractérisés par l'abondance de la calcite. Les grains de quartz y sont très peu roulés et souvent teintés d'une matière ferrugineuse, de la limonite probablement. Les sables marins sont caractérisés par l'abondance du quartz (80-90 pour 100) un peu plus roulé et



presque sans enduits ferrugineux. Les sables de l'échantillon 5, correspondant au minimum de la taille la plus fréquente, sont, par contre, constitués par des grains de quartz et de calcite bien roulés.

L'interprétation de ces différentes données semble pouvoir être la suivante : comme on l'a vu, la taille la plus fréquente diminue vers le bac du Hode, aussi bien à partir de l'amont qu'à partir de la mer. On peut

l'expliquer par le fait que le parcours des alluvions, sous l'effet des courants de sens inverse, dus à la marée, est limité. Les sables s'usent sous l'effet d'un mouvement de va et vient autour d'une position moyenne qui, grâce à la différence des vitesses du flot et du jusant, doit avoir tendance à se déplacer vers l'aval. Ce déplacement ne peut être que très lent. La disposition des lieux, présentant un resserrement du lit vers le bac du Hode, entraîne une augmentation de la vitesse dans son voisinage. Il en résulte que les mouvements des sables doivent être plus étendus en ce point. A chaque marée, le sable fait un parcours le plus long aux environs du bac du Hode et y est usé plus qu'ailleurs, comme le montre notre graphique.

Une autre conclusion peut être tirée de ces observations : nous sommes en présence d'un phénomène d'usure et d'un phénomène d'apports continuels, tant du côté de la mer, que du côté de la Seine. Or, actuellement, on n'a pas constaté d'ensablement général du chenal. Il y a donc un équilibre entre l'apport et l'enlèvement, qui provient du fait que les grains sont devenus plus fins et peuvent être plus facilement enlevés par les courants; ils sont alors évacués vers les endroits se prêtant à leurs dépôts.

Mes résultats confirment l'opinion de Volmat sur l'usure sur place, mais j'y apporte une précision supplémentaire en délimitant l'endroit du maximum de celle-ci, et en faisant ressortir le fait que son importance varie progressivement vers l'amont et vers l'aval, ce qui montre que l'apport marin actuel ne dépasse pas Berville.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur les chutes de la foudre dans le département de la Haute-Garonne.* Note (¹) de M. **Camille Dauzère**, présentée par M. Charles Camichel.

Nous avons entrepris, depuis une dizaine d'années, des investigations dans le but de tracer la carte de la foudre, c'est-à-dire de figurer la situation géographique des lieux fréquemment foudroyés. Cette enquête est aujourd'hui suffisamment avancée, dans certains départements du Sud-Ouest, pour que les résultats acquis jusqu'à ce jour puissent être publiés. Nous commençons cette publication par le département de la Haute-Garonne.

(¹) Séance du 12 décembre 1938.

On distingue dans la Haute-Garonne, comme dans la plupart des départements, trois zones différentes pour la répartition des points de chute de la foudre.

I. Une première zone est constituée par des territoires à coups de foudre très rares dans la partie centrale du département. Le sol est formé par des mollasses miocènes, très pauvres en éléments radioactifs (molasses de l'Armagnac à l'Ouest de la Garonne, mollasses aquitaniennes à l'Est du fleuve), au dessus desquelles la conductibilité électrique de l'air est très faible.

Cette zone comprend les cantons de L'Isle-en-Dodon, Le Fousseret, Rieumes (partie sud), Carbonne, Rieux, Montesquieu-Volvestre, Castanet, Auterive, Montgiscard, Villefranche-de-Lauraguais, Lanta. Cette zone se prolonge à l'Ouest dans le Gers, jusqu'aux environs d'Auch, à l'Est dans l'Ariège jusqu'aux environs de Pamiers.

II. Une zone très foudroyée comprend les collines ondulées qui prolongent le plateau de Lannemezan. C'est un des territoires les plus dangereux, non seulement du département, mais de toute la région du Sud-Ouest. Le sol est formé d'argiles ferrugineuses, d'origine granitique, dont nous avons signalé ailleurs les propriétés dangereuses (²). Il convient d'y joindre les alluvions anciennes de la terrasse de Saint-Gaudens, qui ont la même composition.

La zone très foudroyée commence dans les Hautes-Pyrénées; elle comprend dans la Haute-Garonne les cantons de Montrejeau, Saint-Gaudens, Boulogne-sur-Gesse (partie sud); elle se continue vers l'Est et le Nord jusqu'à une ligne passant par Lestelle, Saint-Marcet, Montmaurin, au nord de laquelle commencent les Petites Pyrénées.

III. Une zone moyenne, à points de chute assez nombreux, mais dispersés, s'étend sur tout le reste du département. Dans cette zone, les coups de foudre ne sont ni très rares, ni très fréquents, ce qui s'explique par une teneur du sol en matières radioactives un peu plus forte que celle des terrains de la première zone, beaucoup plus faible que celle des terrains de la deuxième.

On trouve d'abord dans cette zone la région des terrains secondaires situés au sud de Saint-Gaudens, ainsi que celle des calcaires dévoniens et des schistes siluriens des environs de Luchon.

Cette région comprend les cantons de Salies-du-Salat, Aspet, Barbazan, Saint-Beat, Bagnères-de-Luchon; ces deux derniers cantons forment la partie montagneuse du

---

(²) *Revue scientifique*, 70, 1932, p. 528.

département, nous devons remarquer que les informations sur la foudre en haute montagne sont rares et ne permettent aucune classification.

Il y a ensuite les petites Pyrénées, dont le sol est formé par des calcaires, marnes et pouddingues, se rattachant aux divers étages du crétacé supérieur et de l'éocène. Il est intéressant de remarquer que la plupart des points de chute de la foudre dans ces petites montagnes se placent sur les lignes de contact des divers étages géologiques (exemple Aurignac, Montoulieu etc.), conformément à une propriété générale que nous avons mise en évidence ([3]).

La région des petites Pyrénées comprend, dans la Haute-Garonne, les cantons de : Aurignac, Saint-Martory, Salies-du-Salat (partie nord), Cazères (partie sud); elle se prolonge dans l'Ariège.

Dans la zone moyenne figurent aussi : 1° les territoires compris dans la vaste région des mollasses miocènes, qui ne rentrent pas dans la première zone; 2° la région des alluvions anciennes, disposées en terrasses, dans les vallées de la Garonne, de l'Ariège, du Tarn.

La région mollassique et alluvionnaire de la zone moyenne comprend dans la Haute-Garonne les cantons de Villemur, Fronton, Montastruc, Grenade, Cadours, Leguevin, Toulouse, Verfeil, Caraman, Revel, Nailloux, Cintegabelle, Muret, Saint-Lys, Rieumes (partie nord); elle se prolonge dans les départements voisins, principalement dans le Gers.

IV. Il y a cependant, au milieu des terrains relativement peu dangereux de la zone moyenne, deux territoires où la foudre tombe souvent en des points très rapprochés. Le premier est composé des communes, voisines les unes des autres, de Daux, Aussonne, Seilh, dans les alluvions anciennes de la Garonne, au nord de Toulouse. Le deuxième territoire se trouve au milieu des mollasses du Lauraguais, dans les environs de Caraman, où les fonds des vallons, les alentours des sources sont très souvent frappés; la ville elle-même, située sur le sommet d'un coteau, et surtout le clocher qui domine tout le pays, ne sont jamais foudroyés. L'existence, paradoxale en apparence, de ces îlots de points de chute de la foudre peut s'expliquer par une concentration locale de matières radioactives, qui s'est opérée, sous l'action des eaux courantes, pendant la formation des terrains.

([3]) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1565 et 1744.

MÉTÉOROLOGIE. — *Décroissance des lumières bleue et rouge à la fin du crépuscule.* Note [1] de M. **Raymond Grandmontagne**, présentée par M. Charles Fabry.

Le photomètre enregistreur à cellule photoélectrique installé à l'Observatoire de Lyon pour étudier la lumière du ciel nocturne [2] a été modifié pour permettre l'étude des phénomènes crépusculaires. Il fallait augmenter sa rapidité et diminuer sa sensibilité. Le temps de réponse, primitivement d'une dizaine de minutes, a été ramené à 30 secondes environ par diminution de la résistance de fuite et remplacement de l'électromètre à quadrants par un électromètre à fil de faible capacité et de faible période. Deux surcharges neutres (verre NG 3b), de densités voisines de 1 et 2, peuvent être interposées sur le faisceau lumineux.

Le domaine spectral utile est limité d'une part par le seuil photoélectrique de la cellule au cæsium, voisin de 9000 Å, d'autre part par divers filtres, 1 bleu et 5 rouges différents :

BG 4,	1 mm	transmission utile.......	3600—4600 Å
OG 2,	4	»	5800—9000
RG 1,	2	»	6100—9000
RG 5,	2	»	6500—9000
RG 8,	2	»	7000—9000
Wratten 88		»	7300—9000

L'appareil ne peut commencer à fonctionner que lorsque le Soleil est déjà sous l'horizon, avec une dépression d'environ 5°. Par contre, il peut aller jusqu'à la nuit complète. Les mesures sont faites par lectures directes et non par enregistrement, en raison de la rapidité nécessaire. On a utilisé jusqu'en avril 1938 un grand angle solide d'environ $2\pi/10$, autour du zénith.

Les courbes sont tracées en portant en ordonnées les logarithmes des indications du photomètre (logarithme de la brillance photo-électrique) et en abscisses les angles de dépression du Soleil au-dessous de l'horizon.

Une différence remarquable se manifeste entre les courbes obtenues d'une part avec le filtre bleu et d'autre part avec les différents filtres rouges : en lumière bleue, les courbes deviennent presque horizontales pour une dépression du Soleil d'environ 14°, alors qu'en lumière rouge

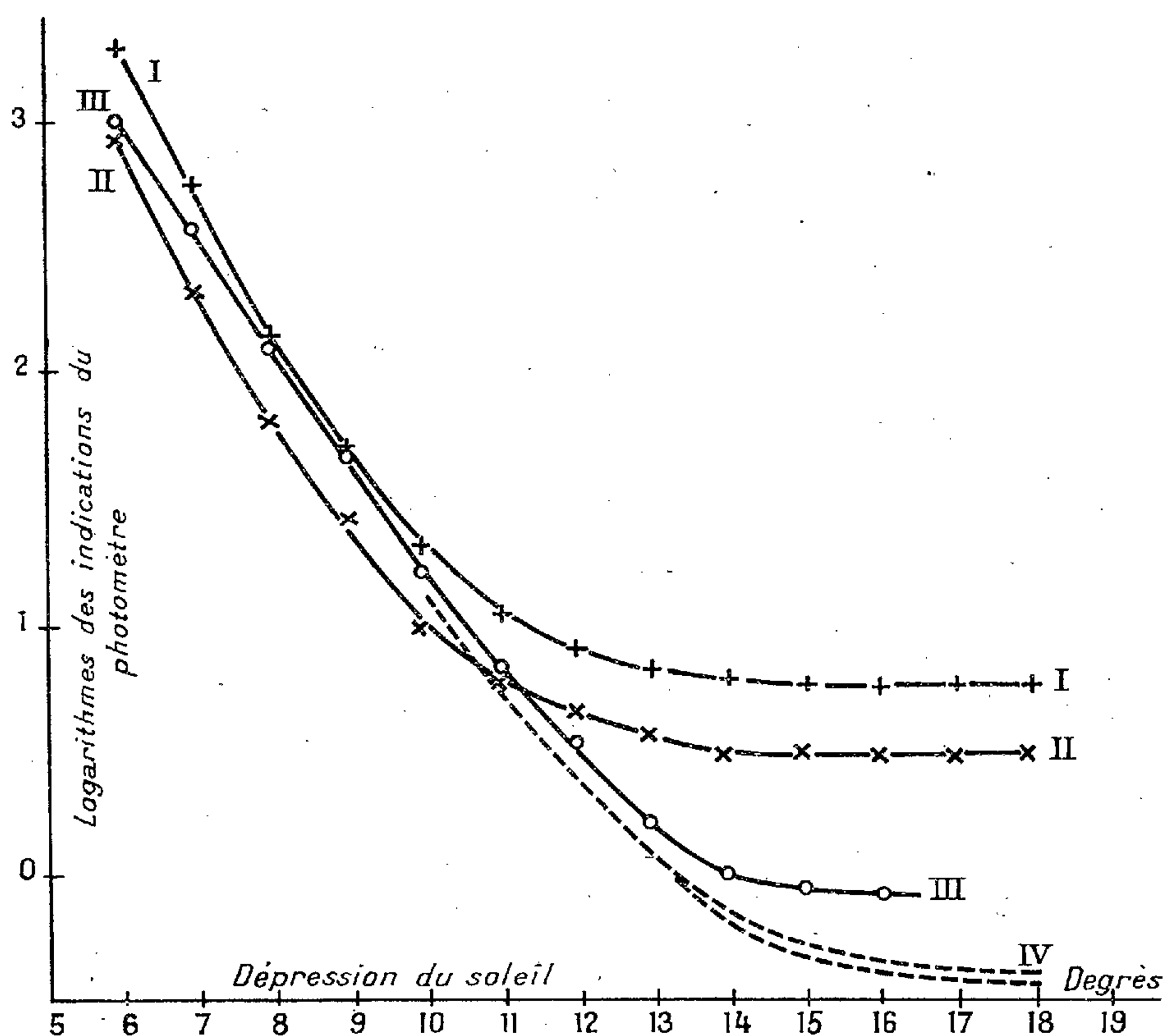
---

(1) Séance du 5 décembre 1938.

(2) R. Grandmontagne, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 337.

elles atteignent ce degré d'évolution beaucoup plus tôt, pour une dépression de 11° environ. On peut également remarquer que la courbe de décroissance en lumière bleue se rapproche beaucoup plus d'une droite que les autres.

J'ai indiqué combien l'intensité des radiations bleues dans la lumière du ciel nocturne était faible par rapport à l'intensité des radiations rouges ([3]).



I. Courbe obtenue le 20 mars 1938 région spectrale 5800-9000 Å.
II. Courbe obtenue le 20 mars 1938 région spectrale 7300-9000 Å.
III. Courbe obtenue le 20 mars 1938 région spectrale 3600-4600 Å.
IV. Courbes publiées par J. Dufay (Montpellier et Saint-Geniez, 1923-1924), pôle et zénith ramenés à la même échelle.

Sur les courbes crépusculaires, on voit que, tant que le Soleil n'est pas à 10° sous l'horizon, les intensités sont du même ordre de grandeur en bleu et en rouge et leurs variations sont sensiblement parallèles. A partir de 10°,

([3]) R. Grandmontagne, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 275.

le bleu continue à décroître avec la même rapidité, alors que le rouge se stabilise. Ainsi, au zénith, le crépuscule est terminé, pour les radiations rouges, 3° plus tôt que pour les radiations bleues. On remarquera que la fin du *crépuscule astronomique* (correspondant à une dépression de 18°) est loin d'être atteinte lorsque mes courbes deviennent horizontales. Il n'est pas rare de constater au contraire une légère augmentation de brillance lorsque les courbes sont poussées jusqu'à 18° ou plus.

Il est intéressant de comparer ces courbes à celles publiées par J. Dufay ou par F. Link (4). On voit que la partie bleue du spectre a certainement joué un rôle prépondérant dans leurs mesures.

BOTANIQUE. — *Présence de mycorhizes chez une Pomme de terre retournée à l'état sauvage.* Note de MM. **Joseph Magrou** et **Joseph Bouget**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Alors que les mycorhizes endotrophes se rencontrent normalement chez la plupart des plantes sauvages à tubercules, bulbes ou rhizomes, leur présence est beaucoup plus irrégulière chez les espèces soumises à la culture. Elles font défaut, notamment, chez la Pomme de terre cultivée (*Solanum tuberosum* L.), tandis qu'elles existent chez les Pommes de terre sauvages telles que le *Solanum maglia* Schlecht, prélevées dans leurs stations naturelles sud-américaines. D'où l'hypothèse que la Pomme de terre dérive d'ancêtres sauvages normalement infestés, qui se seraient affranchis de la symbiose à la suite de leur mise en culture et de leurs transplantations répétées dans des terrains nouveaux.

L'un de nous (1) a étudié à Roquelaure (Gers) une station de *Solanum tuberosum* dont les individus offrent la particularité remarquable de se reproduire depuis plus de vingt ans spontanément, sans aucune intervention de l'homme. Dans le champ de Roquelaure, on ne sème, ni ne récolte; les tubercules sont abandonnés dans le sol à l'automne et donnent naissance à des plantes qui deviennent plus nombreuses d'année en année. Si bien qu'en ce cas, on est en droit de dire que la Pomme de terre est retournée à l'état sauvage.

(4) J. Dufay, *Bulletin de l'Observatoire de Lyon,* 10, 1928, p. 58; F. Link, *Journal des Observateurs,* 17, 1934, p. 161.

(1) J. Bouget, *Comptes rendus,* 201, 1935, p. 1418.

Nous nous sommes demandé si ce retour à l'état de nature ne s'accompagnerait pas, conformément aux prévisions formulées par J. Costantin (²), de la réapparition des mycorhizes caractéristiques des *Solanum* tubérifères spontanés. Pour le vérifier, nous avons prélevé et fixé de nombreuses radicelles de la Pomme de terre sauvage de Roquelaure. Les prélèvements, au nombre de trois, ont été faits le 5 juillet sur le même pied, à des profondeurs différentes. Deux des lots prélevés se montrèrent, à l'examen histologique, indemnes d'infestation. Par contre, dans le troisième, un grand nombre de radicelles étaient largement envahies par un endophyte ayant tous les caractères des Champignons de mycorhizes. Le Champignon occupe l'assise moyenne de l'écorce; son mycélium, non cloisonné, forme dans les cellules des pelotons lâches, dont les ramifications, de plus en plus ténues, se résolvent en arbuscules très touffus. Les arbuscules subissent une digestion intracellulaire au cours de laquelle ils deviennent d'abord floconneux, pour se transformer ensuite en corps de dégénérescence plus ou moins volumineux (*sporangioles* de Janse). Nous n'avons pas observé de vésicules. L'amidon, comme il est de règle, fait défaut dans les cellules occupées par le champignon. Ces mycorhizes, caractérisées par le siège exclusivement intracellulaire du mycélium, sont de même type que celles que l'un de nous a décrites, avec Mme Noël Bernard, chez le *Solanum maglia* (³).

On voit par là que les Pommes de terre de Roquelaure, retournées à l'état sauvage, sont soumises à la symbiose au même titre que les *Solanum* tubérifères qui croissent spontanément dans les Andes. Il y a donc, dans les deux cas, corrélation entre la vie à l'état sauvage et la présence d'endophytes dans les racines. S'il est vrai que les mycorhyzes jouent un rôle dans la nutrition ou dans le développement des végétaux, on est fondé à supposer que chez la Pomme de terre cultivée, qui en est dépourvue, les pratiques agricoles réalisent empiriquement des conditions équivalentes à la symbiose.

(²) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1447.
(³) Mme Noël Bernard et J. Magrou, *Ann. Sc. nat., Bot.*, 9e série, 14, 1911, p. 252.

BOTANIQUE. — *Sur une* Ombellifère *méconnue de la flore française*, Scandicium stellatum *Thell. des Baronnies* (*Hautes-Alpes*). Note de M. **Maurice Breistroffer**, présentée par M. Auguste Chevalier.

En 1873 E. Reverchon ([1]) découvrit le *Scandix pinnatifida* Vent. entre Laragne et Ribiers dans la partie sud-est des Baronnies dominant la vallée du Buëch, au nord de Sisteron. Si cette trouvaille d'une espèce nouvelle pour la France est restée méconnue, ce fut surtout par la faute de ce botaniste, qui eut plus tard la fâcheuse idée de prétendre l'avoir récoltée à Annot (B.-Alpes), où Burnat put avec raison affirmer qu'elle n'existait pas réellement.

Or, le 25 avril 1938, nous avons eu la chance de retrouver une sorte de *Scandix* que nous devions reconnaître identique à celui cité par Reverchon; mais c'était sur la rive gauche de la Méouge, entre Pomet et Barret-le-Bas. soit à 4^{km} de la localité déjà connue et que nous pûmes vérifier le 27 : au-dessus d'Antonaves, sur la rive droite du Buëch, au sud du col de Palavour. Ici et là, croissent en colonies grégaires plusieurs centaines d'individus, localisés sur des balmes calcaires à exposition sud, au pied de falaises tithoniques qui les surplombent en corniches créant un microclimat particulier. Protégée des vents froids et d'un excès de pluies, cette plante annuelle prospère fort bien sous les rayons brûlants d'un soleil ardent que réverbèrent les calcaires compacts.

A Pomet, vers 680^m d'alt., l'espèce croît sur des balmes dont le spectre biologique (P 8,6 %; Ch 15,7 %; H 22,9 %; T 47,1 %; G 5,7 %) révèle l'abondance et la variété des thérophytes méditerranéens : *Clypeola Jonthlaspi* L. ssp. *macrocarpa* Fiori var. *balmensis* Brst. subvar. *pometensis* Brst. nov. subv. ([2]), *Lens culinaris* Medik. ssp. *nigricans* (Marsch.-Bieb.) Thell. var. *Biebersteinii* (Lamotte) Briq., *Melilotus neapolitana* Ten. var. *typica* Asch. et Graebn., *Scandix australis* L. ssp. *gallica* Vierh., *Crucianella angustifolia* L., *Picris pauciflora* Willd., etc.; avec *Ephredra helvetica* C.-A. Meyer, *Iris lutescens* Lamk, *Hesperis laciniata* All., etc.

A Antonaves, vers 950^m d'alt., elle prospère sur des balmes dont le spectre biolo-

---

([1]) *Ann. Soc. bot. Lyon*, 2, 1874, p. 33-36, et *Rev. hort. B.-du-Rh.*, n° 599, 1904, p. 100-103.

([2]) A subvar. *cularensi* Brst. nov. subvar. (= var. *balmensis* Brst. 1936, s. str.) differt : siliculis (± subobovatis) disco pilis crassioribus (paulum subclavatis) densior tecta margine minus glabrescente (= var. *petræa* Brst. 1937, pars, « fa. nov. » in *Bull. Soc. sc. Dauph.*, 56, p. 357, 18e à 33e lignes).

gique est analogue (P 6,7 %; Ch 17,8 %; H 28,9 %; T 42,2 %; G 4,4 %), en compagnie de *Clypeola Jonthlaspi* var. *balmensis* (subvar. *pometensis*), race caractéristique des balmes calcaires bien exposées du Dauphiné, et d'une florule plus méditerranéo-montagnarde : *Astragalus vesicarius* L. var. *genuinus* Rouy, *Genista Villarsii* Clem., *Androsace Chaixi* Gren. et Godr., etc.

Thellung (³) ayant montré que le *Scandix pinnatifida* était un genre monotypique : *Scandicium stellatum* (Soland.) Thell., il s'agit donc là d'un genre nouveau pour la France; c'est une remarquable relique xérothermique à aire disjointe dont les rares localités méditerranéo-occidentales sont presque toutes en Espagne austro-orient., soit à plus d'un millier de kilomètres des Baronnies. Non spontanée dans le reste de l'Europe, sauf en Crimée, l'espèce ne se retrouve qu'en Algérie (région de Batna : Djebel Tougourt et Bou Taleb) et dans son aire irano-touranienne.

La présence en Dauphiné du *Scandicium stellatum*, représenté uniquement par la var. *hirsutum* (C. Koch) Thell., est donc plus remarquable que celle du *Geum heterocarpum* Boiss., espèce vivace du Mont-Séüse (H.-A.) dont l'aire de répartition occidentale comprend, non seulement l'Espagne et l'Algérie, mais encore le Maroc, l'Italie et l'Albanie. C'est une sorte de *fossile vivant* se maintenant dans une région privilégiée qui abrite en particulier : *Asplenium glandulosum* Lois., *Juniperus thurifera* L. var. *arborea* (Mut. em.) Brst., *Ephedra helvetica* C.-A. Meyer, *Velezia rigida* L., *Medicago coronata* (L.) Desr., *Euphorbia sulcata* Lens, *Santolina Chamæcyparissus* L. var. *incana* DC., autres survivantes xérothermiques d'origine tertiaire, ainsi que *Euphorbia tenuifolia* Lamk, *E. flavicoma* DC., *Scilla italica* L., *Sideritis montana* L., *Saxifraga lingulata* Bell. var. *Bellardii* Stern. subvar. *eu-Bellardii* Engl. et Irm. et subvar. *lantoscana* (Boiss. et Reut.) Engl. et Irm., *Globularia cordifolia* L. ssp. *nana* (Lamk) P. Fourn., *Serratula lycopifolia* (Vill.) Wettst. et quelques autres raretés eu-méditerranéennes d'un grand intérêt pour cette région située aux confins de la Haute-Provence.

(³) *Fedde Repert.*, 16, 1919, p. 15-22, et *Monde Pl.*, n° 6, 8, 1919, p. 121.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'inuline dans les greffes de Soleils annuels et de Composées vivaces.* Note de M. **Robert Franquet**, présentée par M. Henri Colin.

Le genre *Helianthus*, de la famille des Composées, comprend environ 100 espèces, la plupart vivaces et renfermant de l'inuline. Quelques Soleils font exception; le plus connu est le Soleil annuel (*Helianthus annuus* Linn.) dont les tissus, susceptibles de se lignifier fortement, sont rigoureusement dépourvus de lévuloside. Cette plante a déjà fait l'objet de nombreuses analyses ([1]).

Helianthus debilis Nutt. = *Helianthus cucumerifolius* Torr. et Gray est une espèce annuelle de petite taille et très ramifiée. Il existe un troisième Soleil annuel, *Helianthus argophyllus* Torr. et Gray, vulgairement dénommé Soleil du Texas; c'est une plante presque aussi vigoureuse que l'*Helianthus annuus*, mais s'en distinguant nettement par sa tige plus ramifiée et par son aspect blanc dû à sa pilosité. Ces deux espèces ne renferment trace d'inuline dans aucune de leurs parties.

C'est en vain qu'on a essayé de provoquer artificiellement l'inulogénèse chez le Soleil annuel ([2]); le Soleil du Texas et l'*Helianthus debilis* s'y montrent non moins rebelles. La greffe en particulier est incapable d'y déterminer la condensation des sucres en inuline. Associés en greffe totale avec un *Helianthus* vivace ou une autre Composée à inuline, le Soleil du Texas et l'*Helianthus debilis* conservent leur contingent glucidique habituel, quel que soit le sens de la symbiose.

Par rapport à des témoins autonomes, on ne constate généralement chez le greffon qu'une teneur plus élevée en glucides, particularité que l'obstacle offert à la circulation de la sève par le bourrelet suffit à expliquer.

Les chiffres suivants se rapportent à des plantes récoltées et fixées en fin septembre (T.R.S.I., sucre total, réducteur libre, saccharose, le tout en interverti pour 100 du frais); $[\alpha_1]_D$, $[\alpha_2]_D$ pouvoirs rotatoires du contingent glucidique avant et après hydrolyse.

([1]) H. Colin, *Rev. gén. Bot.*, 34, 1922, p. 145.
([2]) H. Colin, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1280.

		$[\alpha_1]_D$.	T.	R.	S.	I.	$[\alpha_2]_D$.
I. — *Aster Novi-Belgii* sur *Helianthus debilis*.							
A. Novi-Belgii		— 9	5,76	0,30	1,74	3,72	—63
H. debilis		+59	0,64	0,14	0,50	0	—21
II. — *Helianthus argophyllus* sur *Helenium automnale*.							
H. argophyllus		+27	2,32	1,18	1,14	0	—29
H. automnale		—29	2,89	0,63	0,72	1,54	—69
III. — *Helianthus strumosus* sur *Helianthus argophyllus*.							
H. strumosus		— 1	5,43	0,30	2,15	2,98	—45
H. argophyllus	Bourrelet..	+47	0,50	0,08	0,42	0	—24
	Tige basse.	+42	0,52	0,04	0,48	0	—25
IV. — *Helianthus tuberosus* sur *Helianthus argophyllus*.							
H. tuberosus		—13	9,18	0,62	1,62	6,94	—62
H. argophyllus	Bourrelet..	+23	2,35	0,51	1,84	0	—33
	Tige basse.	+33	1,75	0,40	1,35	0	—26
V. — *Helianthus tuberosus* sur *Helianthus argophyllus*.							
H. tuberosus		— 7	5,54	0,84	2,34	2,36	—54
H. argophyllus	Bourrelet..	+41	2,24	0,64	1,60	0	—18
	Tige basse.	+41	1,60	0,46	1,14	0	—13
VI. — *Helianthus argophyllus* sur *Helianthus tuberosus*.							
H. argophyllus		+41	1,50	0,74	0,76	0	—16
H. tuberosus		— 6	1,33	0,17	0,67	0,49	—55

Ainsi, non seulement ces Soleils annuels se montrent incapables de fabriquer de l'inuline, mais, même alimentés en ce glucide par un greffon qui en est saturé, ils ne peuvent le conserver dans leurs tissus; au niveau du bourrelet, la transformation est déjà totale.

La distinction chimique si tranchée existant entre *Helianthus* vivaces et *Helianthus* annuels ne semble pas coïncider avec une différence dans l'équipement chromosomique.

Nous avons compté $n = 17$ chromosomes chez *Helianthus argophyllus*, chiffre identique à celui trouvé par plusieurs auteurs chez *Helianthus debilis* et *Helianthus annuus* [3]. Quant aux *Helianthus* vivaces, plusieurs

---

[3] In TISCHLER, *Pflänzliche Chromosomen-Zahlen, Tabulae Biologicae*, **4**, **7**, **11** et **12**, 1926, 1931, 1935, 1936.

(*H. giganteus*, *H. Maximiliani*, *H. orgyalis*, etc.) possèdent dix-sept chromosomes comme les trois Soleils annuels précités, alors que d'autres (*H. tuberosus*, *H. macrophyllus*, etc.) en ont 51 (n).

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Actions distinctes du photopériodisme sur la formation des boutons et le développement des fleurs chez le Chrysanthème*. Note [1] de MM. **Pierre Chouard** et **Pierre Vaidie**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La floraison de beaucoup de plantes est soumise au photopériodisme : elle est réglée par la durée quotidienne de l'éclairement. Nos expériences nous ont suggéré que le phénomène pouvait se décomposer en phases successives, réagissant de façon distincte à l'action de la lumière. Nous avons donc recherché sur le Chrysanthème (*Chrysanthemum* × *hortorum* L. H. Bailey), matériel favorable par sa grande sensibilité à l'éclairement [2], s'il y aurait moyen d'agir séparément sur l'apparition des boutons, et sur la forme des fleurs.

1° *Formation des boutons*. — Elle est commandée par la position des bourgeons et par la durée d'éclairement reçue pendant la croissance végétative. Pour des boutures faites en mars, l'action des jours artificiellement prolongés (par la lumière électrique d'appoint), ou raccourcis (par des voiles noirs), ne deviendra efficace qu'après une première phase de croissance, c'est-à-dire après le 15 mai, et surtout en juillet et août. A partir de ce moment, le sort des *bourgeons axillaires* ne dépend que de la durée d'éclairement. Ainsi, pour la variété *Flocon de Neige* (précoce) des jours courts (de 8 heures) entraînent une transformation rapide et totale de ces bourgeons en boutons, des jours longs (19 heures) les maintiennent indéfiniment à l'état végétatif.

Au contraire, le *bourgeon apical* des rameaux longs (ou branches charpentières) est moins influencé par l'éclairement : en jours courts, il cesse de s'allonger et se transforme en bouton un peu avant les bourgeons axillaires; un tel bouton apical, entouré d'autres boutons, est le « bouton terminal » des chrysanthémistes. Mais en jours longs, après s'être allongé

---

(1) Séance du 12 décembre 1938.

(2) E. Le Graverend, *Revue horticole*, 108, 1936, p. 26; P. Chouard, *C. R. Soc. de Biol.*, 127, 1938, p. 66.

en rameau, il atteint un stade où sa transformation en bouton s'accomplit malgré l'éclairement; ce bouton apical entouré de rameaux axillaires à l'état végétatif, est le « bouton couronne » des chrysanthémistes. Il faudrait des journées encore plus longues (jusqu'à l'éclairement continu) pour empêcher la formation du bouton couronne.

2° *Développement des fleurs.* — Quand les boutons axillaires ou apicaux sont formés, ils atteignent un stade où le temps nécessaire à leur floraison devient indépendant de l'éclairement. Ce stade correspond à peu près au moment où les bractées recouvrent encore complètement le jeune capitule, mesurant 3 à 10^{mm} de diamètre, et où les fleurs ont chacune la base tubuleuse de leur corolle ébauchée, mais la partie ligulée encore inexistante.

Alors, si la floraison est inéluctable, par contre, la forme des fleurs dépend à la fois des conditions antérieures et de la durée d'éclairement à subir pendant les semaines qui suivront. Si le bouton a été formé en journées courtes, la suite du traitement va, seule, contrôler la forme des fleurs : en jours courts, il y aura tendance à la perte de la duplicature (capitules « creux »), et les fleurs périphériques auront des ligules plates. En jours longs, il y aura tendance au maximum de duplicature, avec les fleurs rayonnantes, à ligules souvent entièrement tubulées, surtout à la périphérie du capitule. Si le bouton a été formé en journées longues, le capitule qui en résultera ne pourra pas être aussi facilement modifié; la tendance aux ligules tubuleuses subsistera souvent, mais sera plus ou moins modifiée selon que la fleur aura achevé son développement en jours longs ou en jours courts.

Les variétés horticoles de Chrysanthèmes, multipliées par boutures, sont, chacune, les fragments d'un même individu. D'une variété à l'autre, ces phénomènes présentent de larges variations quantitatives, mais le sens des actions produites reste le même que dans la variété moyenne étudiée ici. En particulier, selon que les variétés sont tardives ou très précoces, il y a lieu de réduire ou d'augmenter les durées indiquées comme jours longs ou jours courts.

On comprend maintenant pourquoi les Chrysanthèmes doubles, hâtés par le raccourcissement des jours, sont si souvent creux ([3]), et pourquoi ceux qui sont retardés par l'éclairage d'appoint ont souvent des capitules

---

([3]) J. Lemasson, *Rev. hort.*, 109, 1937, p. 450, et *Le Chrysanthème*, 39, 1937, p. 36; J. Lochot, *Le Chrys.*, 39, 1937, p. 84, et *Bull. Soc. n. Hort.*, 6, iv, 1937, p. 80.

rayonnants [4]. Ces deux conséquences, parfois fâcheuses, sont dues à ce que la durée d'éclairement recherchée pour modifier la date de mise à fleurs est restée appliquée pendant la période finale de floraison.

Nos expériences montrent qu'il est possible d'agir à volonté, par des durées d'éclairement appropriées, appliquées en temps opportun, d'une part sur la date de mise en boutons, et d'autre part sur la forme des fleurs et des capitules.

PHARMACODYNAMIE. — *Réalisation expérimentale, à l'aide de la colchicine, de Poulets strophosomes*. Note de Mme **Suzanne Lallemand**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai étudié l'action de diverses substances sur l'embryon de Poulet. La colchicine a produit une action très particulière; elle provoque le développement d'une monstruosité qui n'a jamais été observée chez le Poulet.

Des œufs sont mis en incubation pendant 48 heures; ils sont perforés à leur petite extrémité afin de retirer 2 à 3^{cm^3} d'albumine. L'orifice est ensuite obturé avec de la paraffine; puis une fenêtre est pratiquée dans la coquille de manière à voir l'embryon. On dépose sur lui 25/10000e de milligramme de colchicine en solution isotonique. Puis, la fenêtre est fermée par une lamelle de verre lutée à la paraffine et les œufs sont remis à la couveuse. L'action de cette dose de colchicine varie avec les embryons; ou elle les tue en 24 heures, ou elle demeure sans effet, ou elle réalise la strophosomie.

Cette malformation est caractérisée par une éventration totale, mettant à nu tous les organes du thorax et de l'abdomen; les membres supérieurs et inférieurs sont retournés et reposent sur le dos de l'animal de telle manière que les extrémités distales des membres ainsi que la queue sont appliquées sur la tête. La dénomination de *strophosome* (corps retourné) est celle qui traduit le mieux le caractère spécifique de la monstruosité, aussi est-ce celle que j'ai adoptée.

L'éventration ou célosomie se rencontre fréquemment chez le Poulet à l'état spontané, mais jamais un strophosome n'a été signalé. De très nombreux auteurs ont, par des procédés divers, déterminé l'apparition de monstruosités chez les Oiseaux; aucun d'eux n'a obtenu de strophosome authentique.

---

(4) P. Chouard, *C. R. Acad. Agric.*, 24, 1938, p. 312; Lemaire frères, *Bull. Soc. n. Hort.*, 6, v, 1938, p. 83.

Cette monstruosité n'est connue que chez les Bovidés. Elle a été décrite par Curti (¹) chez le Veau, sous le nom de *Schistosomus reflexus*. Isidore Geoffroy Saint-Hilaire (²) ne la mentionne pas. Joly (³) donne à ce genre de monstre le nom de *chélonisome*. Schwalbe (⁴) appelle cette malformation *Schizosoma reflexum* et Lesbre (⁵) dénomme *strophosomes* les fœtus qui la présentent.

Je possède actuellement des stades nombreux de cette malformation, échelonnés du 3ᵉ au 13ᵉ jour d'incubation.

La réalisation de la strophosomie par une quantité infinitésimale de colchicine est vraisemblablement due à une réceptivité spécifique de certaines cellules de l'organisme embryonnaire pour cet alcaloïde, de même que la réalisation de l'intersexualité est due à une réceptivité spécifique de certaines cellules de la sphère sexuelle pour les hormones génitales.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches sur le pigment rétinien des Céphalopodes*. Note de **MM. Jean Escher-Desrivières, Edgar Lederer** et **Mlle Marie-Louise Verrier**, présentée par M. Louis Bouvier.

Dès 1878 Kruckenberg (¹) traite des rétines de Céphalopodes (*Loligo vulgaris*, *Sepia officinalis*, *Eledone moschata*) par l'ammoniaque. Il obtient des solutions brun-rouge ou brun-violet stables à la lumière, d'un pigment qu'il désigne du nom de pourpre rétinien.

L'étude de ce pigment mérite d'être reprise en raison de la parenté histologique que présentent les cellules visuelles des Céphalopodes et de certains Vertébrés.

Signalons d'abord que, chez les Céphalopodes, il s'agit d'un pigment localisé sur les franges de l'épithélium pigmentaire. L'examen de tissus frais, tel que nous l'avons pratiqué sur *Sepia officinalis* L., *Octopus vul-*

(¹) *Lehrbuch der pathologischen Anatomie der Haus-Säugethiere*, Berlin, 1832, p. 137.

(²) *Traité de Tératologie*, 2, Paris, 1836.

(³) *Annales des Sciences naturelles, Zoologie*, 3, 1845, p. 374.

(⁴) *Die Morphologie des Missbildungen*, III Teil, I Lieferung, Iéna, 1909, p. 63.

(⁵) *Traité de Tératologie*, Paris, 1927, p, 53.

(¹) *Heidelberg Untersuchungen*, 56, 1878, p. 11.

garis Lamarck, *Eledone moschata* Leach., montre un pigment réparti, comme la mélanine de l'épithélium pigmentaire des Vertébrés, spécialement des Poissons osseux. Enfin ce pigment, dès l'étude sur les tissus frais, se montre stable à la lumière.

Nos essais préliminaires n'ont décelé aucune différence chimique entre les rétines d'Octopus et d'Eledone, mais l'étude de leur spectre d'absorption montre des différences très nettes qui nous font croire que les deux pigments sont différents.

Comme le pourpre rétinien des Vertébrés, ils sont solubles dans des solutions aqueuses de digitonine à 1 pour 100 et de taurocholate de soude à 2 pour 100. Mais leur extraction s'effectue encore plus facilement dans des solutions faiblement alcalines (NH^3 à 2 pour 100, $NaHCO^3$ à 1 pour 100, NaOH à 0,4 pour 100, tampon de phosphate à pH 8,5). Ils précipitent sous forme de flocons brun rouge ou brun violet après acidification de leurs solutions alcalines. On peut purifier ces précipités par dissolution dans le phénol liquide. Par addition d'éther à celui-ci, les pigments précipitent de nouveau. Après lavage à l'alcool et dessiccation, on obtient des poudres amorphes violettes, ayant environ 8 pour 100 d'azote, 6 pour 100 d'hydrogène et 47 pour 100 de carbone et dont la solution alcaline est brunâtre (*fig.* 1, courbe I). Quelques propriétés chimiques de ces pigments (précipitation au sulfate d'ammonium, réaction du Biuret) nous font penser qu'il s'agit de chromoprotéides.

Par hydrolyse acide, on en obtient un corps noir-violet, encore amorphe, que nous croyons être le groupe prosthétique du chromoprotéide. On traite 25^{mg} d'un chromoprotéide purifié de rétine d'Eledone par 3^{cm^3} de HCl à 38 pour 100 pendant 20 minutes et à 80°. Le pigment se dissout entièrement et l'on obtient, après filtration, un liquide très foncé brun-rouge. Après dilution avec trois volumes d'eau, le groupe prosthétique précipite en flocons brun-rouge (4^{cm^3}). Ce corps contient 8 pour 100 d'azote; il est facilement soluble dans les solutions alcalines aqueuses (à partir de pH 7,3 environ) et aussi dans l'alcool éthylique contenant 5 pour 100 de HCl (*fig.* 1, courbe II).

Notons encore que le pigment présente, en lumière ultraviolette, une fluorescence bleu vert.

Les courbes ci-jointes représentent les densités optiques des solutions étudiées (logarithme décimal de l'inverse des facteurs de transparence); ces courbes sont relatives à des épaisseurs de liquide de $5^{mm},7$.

En résumé, nous avons étudié un pigment dont les rapports avec les pigments rétiniens des Vertébrés sont les suivants :

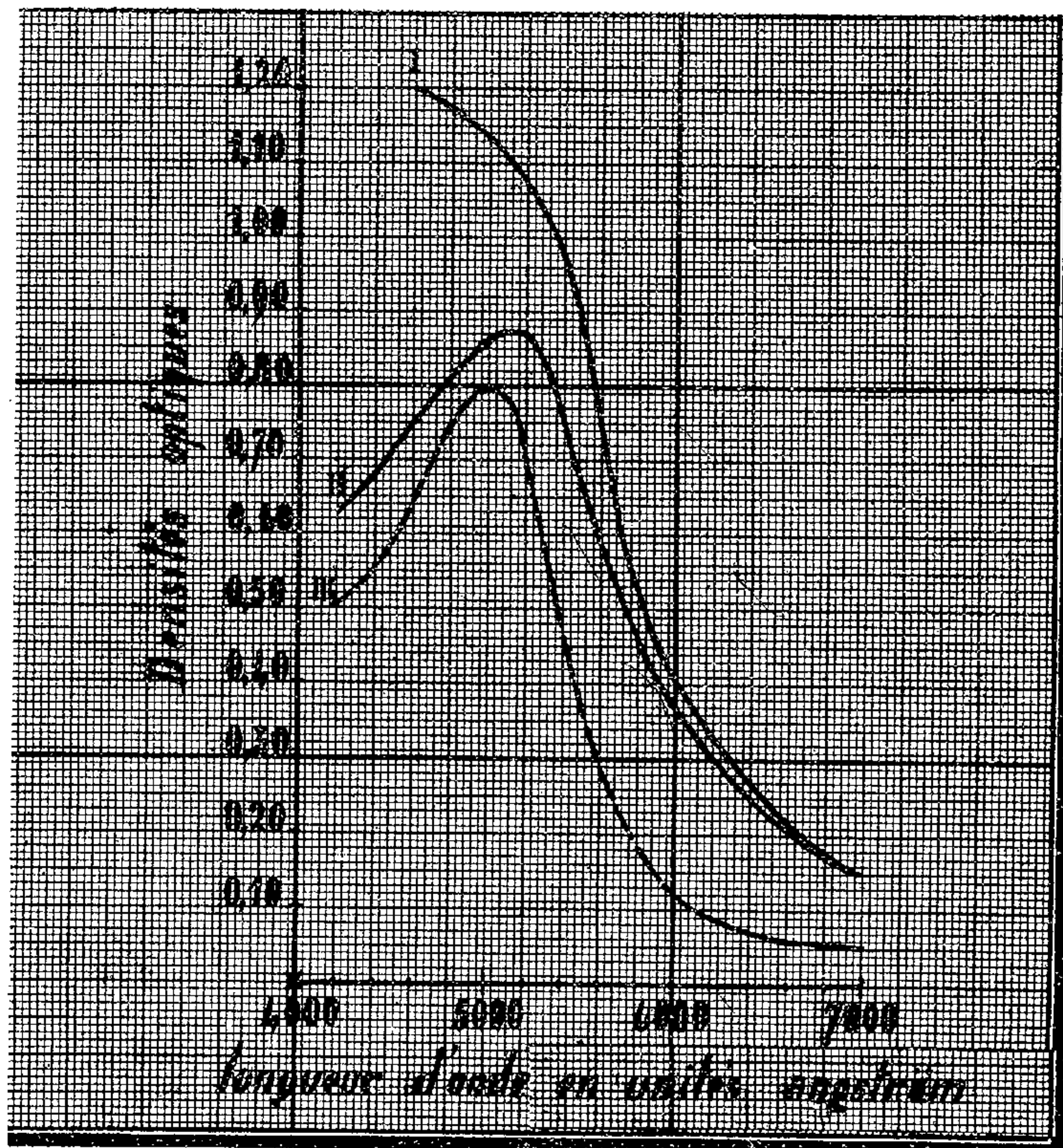
1° Par sa localisation dans les franges de l'épithélium pigmentaire, par ses caractères morphologiques étudiés sur des tissus frais dissociés ou sur des coupes, par ses possibilités migratrices le long des franges de l'épithélium, il se rapproche des mélanines rétiniennes des Vertébrés.

2° Par sa solubilité dans la digitonine et les sels biliaires et, après

hydrolyse, par ses propriétés spectrophotométriques, il s'apparente aux pourpres rétiniens classiques.

3° Mais sa stabilité à la lumière et l'absence de vitamines A^1 et A^2 l'éloignent de ces pourpres (²).

Sans pouvoir préciser encore leur composition, nous pouvons déjà



Courbes d'absorption. — I, pigment rétinien d'*Eledone* avant l'hydrolyse (dissous dans $NaHCO^3$ à 1 pour 100); II, le même pigment après hydrolyse (groupe prosthétique), même solvant que précédemment; III, à titre de comparaison, pourpre rétinien classique (grenouille), d'après Wald.

signaler la présence de pigments à certains égards comparables à ceux des Céphalopodes dans les rétines de quelques Poissons osseux (Labres et Girelles).

(²) On admet actuellement que la vitamine A jouerait un rôle important dans la constitution du pourpre rétinien (G. Wald, *Amer. of Physiol.*, **123**, n° 3, 1938, p. 732; *J. Gen. Physiol.*, **18**, 1934-1935, p. 905; **19**, 1935-1936, p. 351 et 381, **20**, 1936-1937, p. 45).

Enfin, signalons ce fait important du point de vue physiologique : le comportement des Céphalopodes vis-à-vis de l'excitation lumineuse (lumière blanche et lumières colorées) et leurs réactions pupillaires sont comparables à celles de certains Vertébrés pourvus de pourpre rétinien classique.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La folliculine dans l'histogenèse sexuelle de l'embryon des Mammifères.* Note de Mme **Véra Dantchakoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Il existe une différence dans les réactions des tissus envers la folliculine chez les Mammifères et chez l'Oiseau. Inoffensive et à pouvoir constructif dans un jeune embryon de Poulet ([1]), cette hormone déploie, aux stades correspondants dans l'embryon de Cobaye, des réactions incompatibles avec un développement progressif ultérieur ([2]). A cause de la mort rapide de l'embryon, ses effets sur l'histogenèse sexuelle n'ont pas pu être évalués dans l'embryon de Cobaye. Les tissus embryonnaires, dans les deux sexes, manquent d'adaptabilité envers ce corps chimique à l'état libre. Or la chaîne de réactions histogénétiques qui aboutissent au type femelle de l'organisme, s'accomplit, dans l'embryon de Mammifère génétiquement femelle, d'une manière analogue à celle, révélée chez l'Oiseau, soit spontanément, soit à la suite de folliculinisation d'un embryon mâle.

Dans l'histogenèse mâle, l'agent effectif est l'hormone mâle ([3]). Ajoutée aux facteurs génétiques femelles de l'embryon, ce corps chimique révèle son pouvoir de *stimuler* certains tissus spécifiques et d'*inverser* le cours des réactions dans d'autres, en leur impliquant une orientation femelle. La démonstration du rôle histogénétique de l'hormone femelle chez les Mammifères est rendue difficile, à cause d'une protection étrange et efficace, que l'évolution a établie chez eux contre des déviations sexuelles dans le sexe mâle. En voici quelques résultats obtenus durant les trois dernières années.

Dans l'attitude des tissus embryonnaires envers la folliculine, il y a lieu de distinguer, chez l'embryon du cobaye, trois périodes. Durant la pre-

---

([1]) V. Dantchakoff, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1983; Et. Wolf, *Ibib.*, p. 2118.

([2]) V. Dantchakoff, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2179.

([3]) V. Dantchakoff, *C. R. Soc. Biol.*, 123, 1936, p. 873; Green and Ivy, *Science*, 86, 1937, p. 200; A. Raynaud, *C. R. Soc. Biol.*, 126, 1937, p. 806.

mière, du 13e jour après l'insémination (moment où le traitement direct de l'embryon devient possible) jusqu'à environ 26 jours, un tel traitement amène une mort rapide de l'embryon. Durant la deuxième période, du 26e au 30e jour, la survie de l'embryon dépend du rapport entre la dose d'hormone introduite et le stade d'introduction. Dans la troisième période, à partir du 30e jour environ, l'embryon supporte des doses massives d'hormone femelle.

Les causes directes de la mort de l'embryon folliculinisé sont révélées par l'examen d'embryons traités entre le 26e et 30e jour après l'insémination et sacrifiés avant leur mort. Ils présentent des hémorragies extrêmement nombreuses à leur surface cutanée et dans leurs organes internes, plus particulièrement dans les nappes de réseaux capillaires encore labiles et en voie de réarrangement. Ce phénomène est d'autant plus marqué que la dose de folliculine utilisée est plus élevée, ou que le stade de traitement est plus précoce. Il est intéressant de noter que des troubles vasculaires analogues emportent les embryons de Rat et de Souris traités par de la folliculine. Ils manquent dans le Poulet, son réseau vasculaire et son hématopoièse ayant été édifiés par l'évolution d'une façon spéciale (réseau clos avec érythropoièse strictement intravasculaire).

Après le 30e jour, les embryons folliculinisés survivent dans une proportion, qui n'est pas moindre, que consécutivement à un traitement par la testostérone. Or, à ce stade; l'histogenèse mâle a progressé dans l'embryon et y a restreint la sphère d'action pour la folliculine. A ce moment, la gonade, d'abord indifférenciée, est devenue testicule, à glande incrétoire mâle; les canaux de Müller ont régressé dans leur grande partie, en laissant à leur extrémité caudale une petite ampoule bifurquée; l'épithélium du sinus uro-génital a inauguré l'édification de la prostate et l'ébauche commune du clitoris-pénis a pris dans son développement une tournure mâle.

Or l'hormone femelle déploie une stimulation intense dans le rudiment de l'utérus qui a persisté dans l'embryon mâle, et se révèle par des mitoses nombreuses. En comparant avec le segment correspondant de l'utérus chez un embryon femelle normal, l'intensité de prolifération n'est pas moindre, bien qu'elle aboutisse à la formation d'un corps bizarre. Celui-ci dépasse la prostate et se termine au niveau des canaux éjaculateurs. On l'aperçoit à la loupe, en fendant l'urètre, sous forme d'une traînée de tissu blanchâtre. Les deux branches de l'utricule qui se bifurque en Y contiennent une cavité virtuelle, délimitée par une paroi épithéliale épaisse. On y

trouve de gros foyers de mitoses, et de nombreux bourgeons arrondis et solides sont émis à sa surface. L'épithélium, très basophile, continue dans la branche basale de l'Y et soudainement est remplacé par un épithélium à cellules très claires et gonflées, qui transforment le canal en un tronçon solide.

La folliculine a évoqué dans l'ébauche de l'utricule, seul substrat tissulaire dans le mâle génétique, dont la structure spéciale le rend sensible à l'action de la folliculine, une prolifération intense, qui, dans un germe femelle, aurait abouti à la formation d'un segment d'utérus. Dans l'espace entre les organes dont l'édification chez le mâle génétique s'opère avec vigueur, l'hormone femelle ne se montre pas capable d'impliquer au tissu en prolifération une forme typique. Il en résulte une rupture entre l'histogenèse et la morphogenèse; la première étant fonction de l'hormone femelle, la deuxième prenant un aspect inaccoutumé dans les conditions qui prévalent chez un mâle génétique. Toutefois la *folliculine* s'est montrée un *agent efficace* dans la sphère d'action qui lui est réservée au 30e jour après insémination *chez un germe de Cobaye génétiquement mâle.* Les ébauches des glandes mammaires réagissent, elles aussi, par une croissance exagérée et une entrée en fonction précoce.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les effets de l'hypophysectomie chez un Téléostéen marin*, Gobius paganellus *L.* Note de M. **Jean-Henri Vivien**, présentée par M. Maurice Caullery.

De multiples travaux ont révélé l'étroite solidarité existant entre le lobe antérieur de l'hypophyse et les glandes génitales chez les Vertébrés supérieurs; plus rares sont ceux concernant ce sujet chez les Poissons et la survie obtenue eût été insuffisante pour l'étude des relations génitohypophysaires; les auteurs ayant abordé cette dernière question se sont, à ma connaissance, bornés à pratiquer des injections de broyats ou d'extraits d'hypophyse.

J'ai réalisé, avec une survie pratiquement illimitée, l'ablation de l'hypophyse sur des Téléostéens marins et dulcaquicoles; les résultats signalés ici sont ceux obtenus sur *Gobius paganellus* L.; je réserve pour une étude d'ensemble l'exposé des techniques employées.

Cinquante individus, adultes, de taille variant entre 6 et 12^{cm}, ont été opérés entre le 18 juin et le 20 juillet 1938, après la période de reproduction;

a. Cinq sont morts des suites de l'opération, dans les trois jours; 6, dans les 60 jours suivants (bien que les plaies opératoires fussent totalement cicatrisées), ont succombé à des infections bactériennes, provoquant de larges escarres dorso-latéraux; 2 sont morts d'inanition, n'ayant pu tolérer le gavage durant les premiers jours.

b. Vingt individus, parmi les survivants, ont été, jusqu'à ce jour, sacrifiés successivement puis autopsiés.

c. Dix-sept restent en expérience, parfaitement vivants, parmi lesquels 4 ont actuellement plus de 6 mois de survie et les autres un minimum de 5 mois.

Contrôle expérimental à l'autopsie. — *a.* l'ablation totale de l'hypophyse a été vérifiée sur coupes histologiques sériées de la région cranienne; *b.* j'ai comparé les opérés, d'une part, et, d'autre part : des individus normaux, prélevés à la mer au jour de l'autopsie, des témoins gardés en élevage parallèlement aux opérés et des témoins en élevage ayant subi le traumatisme opératoire, sauf l'ablation de l'hypophyse.

Les résultats obtenus chez les mâles sont les suivants :

Pigmentation. — Sur fond sombre, les hypophysoprives, par leur pâleur, ne se distinguent des normaux, gris vert sombre, qu'après 24 à 36 heures; dès septembre, alors que les tissus germinaux reprennent leur activité, les téguments externes passent au bleu noir chez les témoins, tandis qu'ils restent pâles chez les opérés; une zone orange clair barre la première dorsale des normaux et reste terne chez les opérés. Il semble que deux phénomènes soient ici superposés : l'un, d'origine mélanotrope, sensible aux variations de coloration du milieu; l'autre d'origine sexuelle, analogue à la parure de noce. Les autopsies, à quelque période que ce soit, montrent, chez les opérés, à la paroi interne de la cavité viscérale, des chromatophores toujours rétractés, tandis qu'ils sont le plus souvent dilatés chez les normaux.

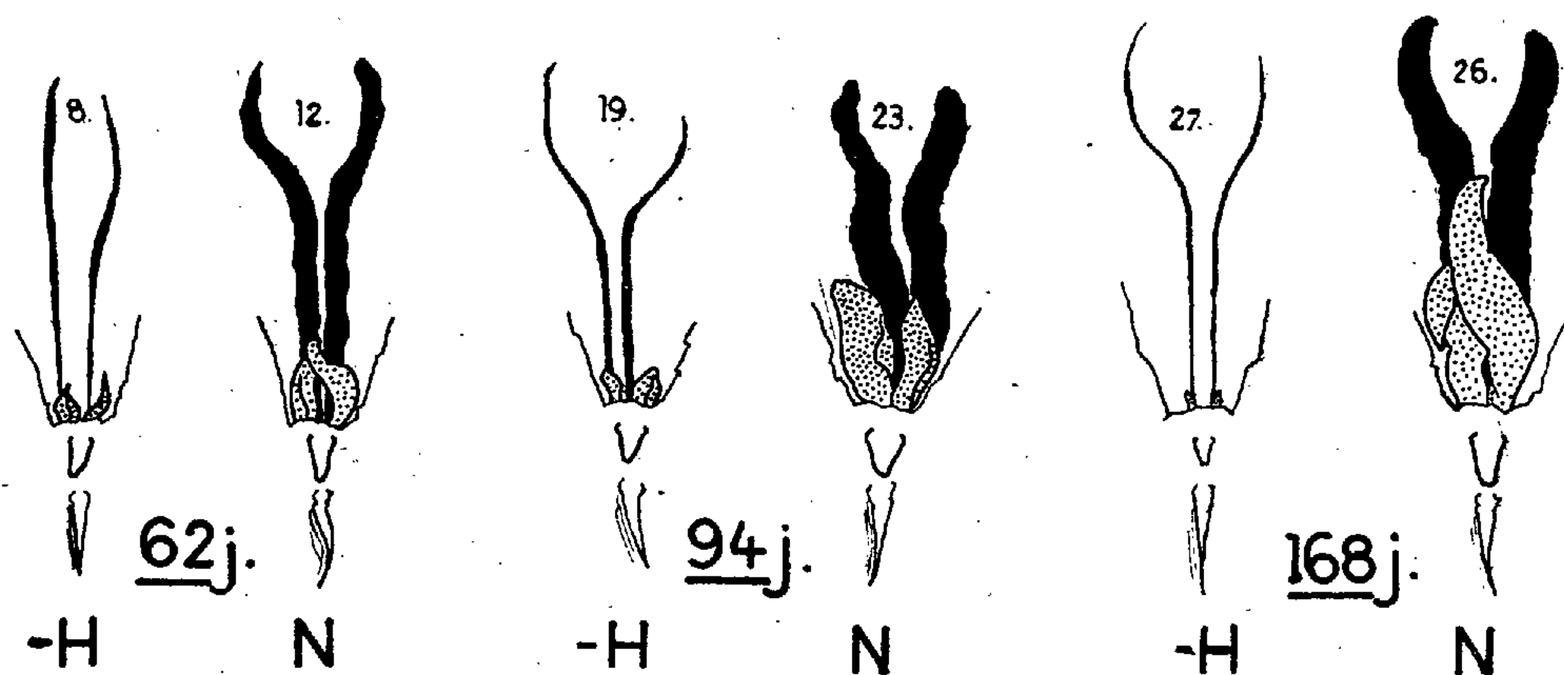
Tractus génital. — 1° Soixante-deux jours après ablation de l'hypophyse (fig. de gauche), les testicules sont en régression chez les opérés (8) et apparaissent plus étroits que chez les normaux (12); les annexes [1] présentent avec la normale une différence de volume peu accusée.

2° Après 94 jours (fig. du milieu), la différence s'accentue considérablement; les testicules des normaux (23) ont triplé de volume et forment deux bandelettes consistantes, blanc laiteux, larges de 2^{mm} chacune chez des individus mesurant 8^{cm} de long; ceux des opérés (19) sont restés à l'état de bandelettes, larges de $0^{mm},5$, gris brunâtre et molles; les annexes

(1) J. H. VIVIEN, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 938.

des témoins ont quintuplé de volume, tandis qu'elles sont restées à l'état de réduction chez les hypophysoprives.

3° Après 168 jours (fig. de droite), le tractus génital des normaux (26) a continué son développement, accentuant la différence avec le tractus des opérés (27) qui régresse encore, la régression intéressant même alors la papille urogénitale (fig. de droite).



—H, opéré; N, normal : à gauche, après 62 jours; au centre, après 94 jours; à droite, après 168 jours. En noir, testicules; en pointillé, glandes annexes,

L'examen histologique montre que : 94 jours après l'hypophysectomie les tubes séminifères présentent encore quelques spermatogonies et spermatocytes normaux et des éléments en dégénérescence dans la lumière des tubes, mais le testicule ne contient pas de spermatides, alors que les testicules des normaux présentent, déjà à cette époque, un début de spermiogenèse. 168 jours après ablation pituitaire, l'involution des produits génitaux est totale; le testicule présente un aspect proche de celui d'une gonade impubère; les tubes séminifères ne présentent pas de lumière et sont réduits à un épithélium simple indifférencié. Chez les normaux, la spermiogenèse bat son plein.

Ces résultats sont en accord avec ceux de Smith et Engle ([2]) obtenus sur le rat et le singe, et ceux décrits tout récemment par Gallien sur *Rana temporaria* ([3]).

Croissance. — La croissance des témoins est régulière en taille et en

([2]) *Comparative effect of hypophysectomy on the testes on Monkeys and Rats. Les Hormones sexuelles.* Paris, 1938, p. 201.

([3]) GALLIEN, *C. R. Soc. Biol.*, 129, 1938, (17 déc. sous presse).

poids, du 18 juin au 9 décembre, certains passant de 9 à 12^{cm} et de $9^{g},55$ à $14^{g},85$; pour les hypophysoprives, j'ai constaté un arrêt de croissance en taille et un léger amaigrissement de l'ordre de $0^{g},45$ pendant les 45 premiers jours, suivis d'une reprise accélérée, qui ramène les opérés à la même taille et au même poids que les témoins.

A $15^{h}45^{m}$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^{h}.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 12 décembre 1938.)

Note de M. *Gabriel Bertrand*, Sur la quantité de zinc contenue dans l'eau de mer :

Page 1139, ligne 11 en remontant, *au lieu de* On redissout le second, *lire* On redissout la partie basique du second....

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE NOVEMBRE 1938.

Première conférence internationale pour la protection contre les calamités naturelles, Paris, 13-17 septembre 1937. Ouvrage publié par la COMMISSION FRANÇAISE D'ÉTUDES DES CALAMITÉS avec le concours de l'UNION INTERNATIONALE DE SECOURS du Ministère de l'Éducation nationale et du Ministère de l'Agriculture. Paris, Secrétariat de la Conférence, 1938; 1 vol. 28^{cm} (présenté par M. J. Tilho).

Science moderne et Philosophie médiévale, par M. GORCE et F. BERGOUNIOUX. Paris, Librairie Félix Alcan, 1938; 1 vol. 22^{cm}.

Encyclopédie biologique. XVIII. *La distribution géographique des Végétaux dans la Région méditerranéenne française,* par CHARLES FLAHAULT. Œuvre posthume publiée par H. GAUSSEN. Paris, Paul Lechevalier, 1937; 1 vol. 25^{cm},5.

Standards on Radio Receivers 1938. New-York, N. Y., The Institute of Radio Engineers, Inc., 1938; 1 fasc. 23^{cm}.

Standards on Electronics 1938. New York, N. Y., The Institute of Radio Engineers, Inc., 1938; 1 fasc. 23^{cm}.

Conférences sur quelques questions de mécanique et de physique mathématique, par VITO VOLTERRA. I. *Rotations des corps dans lesquels existent des mouvements internes,* in *Collection de Physique mathématique.* Paris, Gauthier-Villars, 1938; 1 fasc. 25^{cm},5.

Historique de la Pêche dunkerquoise à la Morue sur les côtes d'Islande, sur le grand banc de Terre-Neuve et dans les Mers du Nord, par HENRI DU RIN. Tome II, in *Publication de la Société dunkerquoise pour l'Encouragement des sciences, des lettres et des arts.* Dunkerque, Imprimerie du Nord maritime, 1938; 1 vol. 21^{cm},5.

Collection de Physique mathématique. Fasc. V. *La Mécanique ondulatoire des systèmes de corpuscules,* par LOUIS DE BROGLIE. Paris, Gauthier-Villars, 1939; 1 vol. 25^{cm}.

Direcção geral de Minas e serviços geologicos. Serviços geologicos de Portugal. *Os Vales submarinos Portugueses e O Diastrofismo das Berlengas e da Estremadura,* par CARLOS FREIRE DE ANDRADE. Lisboa, Casa portuguesa, 1937; 1 vol. 33^{cm},5 (en langue portugaise).

The geometry of Determinantal Loci, par T. G. ROOM. Cambridge, University Press, 1938; 1 vol. 27^{cm},5.

FIN DU TOME DEUX CENT-SEPTIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1938.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 207.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

Z

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

I

N

P

S

U



TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
111474-39 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55